



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL

TÍTULO

**Comportamiento del coeficiente de escorrentía en la sub cuenca
III de la cuenca Sur de Managua.**

AUTOR:

Mejía García, Katherine Aracelys

Cañadas Vásquez, Keliel Rubén

TUTOR

Lanza Mejía, Nestor Javier

Managua, Noviembre 2011

CONTENIDO

CAPITULO I: GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	5
1.4 OBJETIVOS	6
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
1.5 LIMITANTES	7
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1 MODELACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CUENCA CON HEC-HMS 3.2	8
2.1.1 Componentes del Modelo	8
2.1.2 Tablas de Resultados Generadas por el HEC-HMS 3.2	24
2.2 MODELACIÓN HIDRÁULICA CON HEC-RAS 4.1	24
2.2.1 Datos Geométricos	25
2.2.2 Datos hidráulicos	32
2.2.3 Resultados de la simulación hidráulica con HEC-RAS 4.1	33
CAPITULO III: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	39
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA	40
3.2 TIPO Y USO DEL SUELO	42
3.3 APLICACIÓN DEL PROGRAMA HIDROLÓGICO HEC-HMS 3.2	47
3.4 APLICACIÓN DEL PROGRAMA HIDRÁULICO HEC-RAS 4.1	51
CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS	60
4.1. CONDICIÓN DE ESCURRIMIENTO ACTUAL	60
4.2 CONDICIÓN PARA DIFERENTES ESCENARIOS	62
<i>Escenario 1</i>	62
<i>Escenario 2</i>	70
<i>Escenario 3</i>	76
<i>Escenario 4</i>	77
CAPITULO V: CONCLUSIONES	80
CAPITULO VI: RECOMENDACIÓN	81
BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXOS	83

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 Introducción

La Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua es un área estratégica para el desarrollo poblacional, por lo cual ha venido siendo afectada por el crecimiento acelerado y desorganizado de la población, modificando el proceso natural de descarga de las aguas en la cuenca y afectando su potencial hidrológico.

Durante la temporada de lluvia la población de la ciudad de Managua, ubicada en la parte baja de la sub-cuenca III, se ve mayormente afectada por las corrientes de agua que se desbordan de los cauces naturales y artificiales, provocando inundaciones en las zonas aledañas y bajas.

En el presente estudio se estima el caudal de salida y el coeficiente de escorrentía de la sub-cuenca III generados por el Huracán Mitch, a través del programa hidrológico HEC-HMS 3.2, tomando en cuenta las características propias de la sub-cuenca; los resultados brindan información de las zonas con mayor probabilidad de ocurrencia de inundaciones, para las cuales se propondrán medidas preventivas y/o obras de mitigación.

Uno de los resultados del programa HEC-HMS 3.2 es el caudal, el cual es utilizado en el programa hidráulico HEC-RAS 4.1, para observar el comportamiento del caudal de escorrentía al llegar al punto de cierre de la subcuenca III.

1.2 Antecedentes

Se han realizado estudios orientados a evaluar sitios de riesgo de inundación principalmente en la ciudad de Managua, dos de los cuales caracterizan a la sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua y proporcionan información de los factores que determinan el coeficiente de escorrentía, a continuación se describen brevemente cada uno de ellos.

El primer estudio considerado fué en el año 2002, por InterConsult: “*Estudio Agroecológico y Drenaje Pluvial de la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua*”, en el cual evaluaron sitios de interés por inundaciones tales como el cauce principal en el sur de Veracruz; Veracruz, cauce principal norte del pueblo; Sabana Grande, cruce viejo ferrocarril y cauce principal; cauce principal cerca de la zona franca; y cauce principal en carretera norte brindando las características obtenidas en campo de cada uno de estos.

El estudio presenta la topografía de trece microcuencas de la sub-cuenca III que tiene forma de sartén y limita con las sierras Las Cuchillas, con alturas hasta de 1000 msnm, en esta parte las pendientes son de 30-75 %. En la parte baja limita con el lago de Managua y las pendientes son típicamente de 1-10 %.

Se clasificó el uso del suelo en cinco grandes grupos de vegetación natural: a) bosque latifoliado solo y de sombra de café; b) vegetación arbustiva y herbácea; c) cultivos de ciclo corto (granos básicos) y de ciclo intermedio (piña, musáceas y pitahaya); d) cultivos mixtos (cítricos, frutales, musáceas y piña); e) áreas humanizadas. Estas asociaciones van acompañadas de diversas prácticas agrícolas, que tienen impacto en la calidad ambiental de la cuenca.

Las precipitaciones fueron evaluadas con datos de estaciones pluviométricas de alta resolución temporal, como son: La Primavera, Casa Colorada, San Isidro de la Cruz Verde, Masatepe, Masaya y Ticuantepe; siendo el periodo más lluvioso en el área de estudio de mayo a octubre.

La precipitación anual es regularmente de 1100 mm a 100 msnm, y aumenta aproximadamente 80 mm por cada 100 m de altitud. La intensidad de lluvia más alta registrada en la estación Augusto César Sandino fue de 20 mm durante 5 minutos, lo que ilustrativamente podría interpretarse como una precipitación con intensidad de 240 mm/h (observación de 1991). Durante una hora, la intensidad máxima observada es de 90 mm (observación de 1975).

En el área de estudio los suelos fueron clasificados por su textura como: Arenoso, franco, franco arcilloso, franco arenoso, franco limoso y gravoso lo que significa que generalmente hay altas tasas de infiltración. La infiltración en este estudio se determinó por la información de la textura del suelo y por las pruebas de infiltración asociadas a cada tipo de suelo.

El segundo documento considerado en esta investigación fue la “*Actualización del Estudio Agro-ecológico y de Drenaje Pluvial de la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua*” desarrollada por consultoría de COWI-CABAL para la Alcaldía de Managua y el Banco Interamericano de Desarrollo en el periodo comprendido entre el 30 de Julio del año 2007 y el 30 de Mayo del año 2008.

Durante el trabajo de campo e investigaciones en los sitios críticos fue evidente que el sistema de drenaje sufrió modificaciones, y que hay cambios menores en los límites de las sub-cuencas y micro-cuencas, especialmente en el tramo comprendido entre la carretera Norte y carretera Masaya. Los cambios más significativos y ajustes realizados a los límites de la sub-cuenca y las micro-cuencas en relación con el drenaje del año 2003 son los siguientes:

- La adición a la sub-cuenca III de una área de aproximadamente 0.7 km² que queda al sur de la carretera Masaya entre el km 14.6 y el 15.4. Resulta por cambios al drenaje de la carretera durante el proyecto de ampliación de la carretera Masaya.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

- La reducción a la sub-cuenca III de una área de aproximadamente 0.6 km² en la parte alta de la sub-cuenca al sur de Ticuantepe.
- Adicionalmente se han agregado dos micro-cuencas (3001 y 3005) con el propósito exclusivo de calcular caudales en el cruce de los dos cauces principales con la pista costanera proyectada por la alcaldía de Managua en sus planes de desarrollo de infraestructura vial.

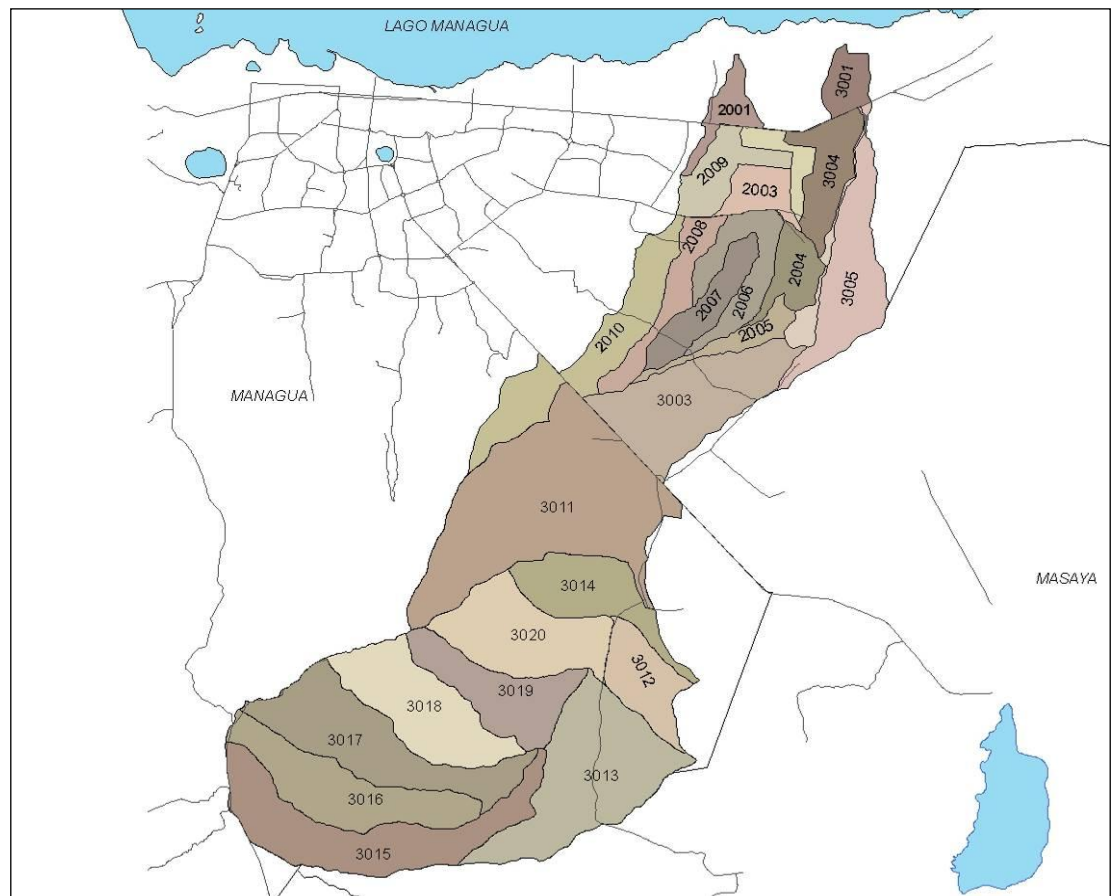


Figura 1. División del área de estudio en microcuencas

1.3 Justificación

La ciudad de Managua en la sub-cuenca III se ve mayormente afectada por las inundaciones durante la temporada de lluvias, ocasionando la paralización de la actividad social, económica, del transporte, daños a la infraestructura y en el peor de los casos pérdidas humanas, lo cual representa una prioridad para controlar o mitigar en un lapso corto de tiempo.

Actualización de los factores que definen el comportamiento del coeficiente de escorrentía tales como las características de la sub-cuenca III y de los cauces que definen la circulación de las corrientes en el área de estudio.

Modelar la sub-cuenca III, en el programa hidrológico HEC-HMS 3.2, para analizar el comportamiento del caudal de escorrentía en el área de estudio, generado por un evento natural de gran magnitud y obtención de resultados comparativos a través de escenarios.

Modelar un tramo crítico del cauce principal de la sub-cuenca III, en el programa hidráulico HEC-RAS 4.1, para representar gráficamente el comportamiento del caudal de escorrentía.

1.4 Objetivos

Objetivo General

Analizar el comportamiento del coeficiente de escorrentía en la sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua.

Objetivos Específicos

- Caracterizar la sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua.
- Determinar el caudal de escorrentía en el cauce principal de la sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua, a través del programa de modelación hidrológica HEC-HMS 3.2.
- Determinar del número de curva, para analizar el comportamiento del caudal generado en las micro-cuencas, mediante el planteamiento de diferentes escenarios hipotéticos en el programa HEC-HMS 3.2.
- Aplicar el programa hidráulico HEC-RAS 4.1, para la simulación del caudal de escorrentía en el punto de cierre de la subcuenca III y la modelación del puente Carretera Norte.

1.5 Limitantes

- Debido a que no se cuenta con recursos económicos suficientes, no se realizó la medición en campo de los caudales generados en el cauce principal.
- Los límites y la red de drenaje, se fundamentan principalmente en estudios anteriores y en la interpretación de fotos aéreas, sin rectificaciones de campo, razón por la cual los resultados del modelo se deben tomar con cautela.
- Esta investigación se basa en el análisis de los resultados obtenidos del programa HEC-HMS 3.2 y la evaluación del caudal en el punto de cierre de la subcuenca; es por esto que únicamente se hacen propuestas de mitigación de las inundaciones en el área de estudio.
- El único estudio de campo realizado, fue la verificación del tipo de suelo presentado en el mapa de la alcaldía del año 2007, a través de 35 sondeos manuales, muestras que fueron analizadas en laboratorio en cuanto a granulometría, contenido de humedad, límite líquido y límite plástico.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

Hoy en día existen softwares aplicados a la hidrología e hidráulica que permiten analizar diferentes escenarios en una cuenca y así plantear medidas preventivas según los resultados. Este estudio se basa en dos de ellos, a continuación los describiremos:

2.1 Modelación Hidrológica de la Cuenca con HEC-HMS 3.2

El programa HEC-HMS 3.2, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, puede simular la respuesta que tendrá una cuenca en su escurrimiento superficial, como producto de una precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.

Para determinar el caudal de creciente en una cuenca en un punto determinado, con el programa HEC-HMS 3.2 se tienen que incluir parámetros tales como: área, pendientes, longitud de la cuenca, tipo de vegetación, tipo de suelo, estaciones pluviométricas y pluviógrafos, entre otros.

2.1.1 Componentes del Modelo

Para representar un modelo de cuenca en el programa HEC-HMS 3.2, se usan los siguientes componentes:

- Basin Model Manager (Administrador del modelo de la cuenca)
- Time-Series Data Manager (Administrador de datos de series de tiempo)
- Meteorologic Model Manager (Administrador del modelo meteorológico)
- Control Specifications (Especificaciones de Control)
- Paired Data Manager (Administrador de datos apareados)
- Grid Data Manager (Administrador de datos tabulados)

A continuación se describe cada uno de los componentes, en el orden en que se aplican en el programa:

- *Administrador del modelo de la cuenca*

Si se cuenta con información digital de la cuenca, el programa HEC-HMS 3.2 permite introducir una ayuda gráfica (mapa de la cuenca), como fondo en el escritorio de trabajo. Los programas comúnmente utilizados para extraer estas imágenes son el AutoCad y el Arc View. Los formatos que pueden ser utilizados para agregar imágenes a su modelo son: USGS digital graph file (*.dlg), Autocad interchange file (*.dxf); Geo-referenced image (*.img), HMS map file (*.map), y ESRI shapefile (*.shp).

Una vez agregada la gráfica en el fondo del escritorio de trabajo, se procede a crear cada uno de los elementos con que cuenta el modelo, cabe mencionar que no es indispensable agregar una gráfica, esta solo sirve de ayuda para la distribución de los elementos de la cuenca.

Para una mejor comprensión del funcionamiento de una cuenca, se describen todos los elementos con que cuenta el programa HEC-HMS 3.2, que permiten elaborar un modelo tan complejo como la información de campo disponible. Los elementos son:

Subcuenca (subbasin): Este elemento se caracteriza porque no recibe caudal entrante y genera un caudal saliente, producto de los datos meteorológicos, tomando en cuenta las pérdidas de agua, la transformación del exceso de precipitación en escorrentía superficial y añadido el flujo base.

Unión (junction): Se caracteriza porque recibe uno o varios flujos entrantes ya sea de otra subcuenca u otros tramos de cauce, y genera un solo caudal saliente

equivalente al total recibido, considerando nula la variación del volumen almacenado en la misma.

Cauce o río (Reach): Se caracteriza porque recibe uno o varios flujos entrantes ya sea de otra subcuenca u otros tramos de cauce, y genera un solo caudal saliente.

Sumidero (Sink): Recibe uno o varios flujos entrantes y no da lugar a ningún flujo saliente.

Embalse (Reservoir): Este elemento recibe uno o varios flujos entrantes, procedente de otros elementos y genera un solo flujo saliente.

Fuente (Source): Este elemento genera caudal en el modelo de cuenca al igual que la subcuenca. Se utiliza para representar condiciones de contorno en el extremo de aguas arriba (Ej.: Caudal generado en otras cuencas).

Desviación (Diversion): Este elemento se caracteriza porque da lugar a dos flujos salientes, principal y derivado, procedentes de uno o más flujos entrantes. (Ej. Vertederos laterales).

La conexión adecuada de estos elementos, representa finalmente el esquema de la cuenca.

Para la creación del modelo de la subcuenca III, se utilizaron los siguientes elementos: subcuenca, cauce, unión y sumidero, conectados de tal manera que se represente la dirección del flujo natural existente.

El elemento subcuenca puede ser analizado a través de los métodos de pérdidas, métodos de transformación de precipitación y el método del flujo base.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

En el modelo solamente se consideró el método de pérdida y de la transformada. Debido a que no se cuenta con información de las aguas subterráneas asumiremos que no hay flujo base, el cual es tomado como “Ninguno” (Por defecto).

Los métodos que utiliza el programa para calcular las **pérdidas** de la precipitación y separar la precipitación neta de la precipitación total son: Green and Ampt, Déficit Constante de Cuadrícula, Contabilidad de Humedad del suelo en cuadrículas, Inicial y Constante, Número de Curva SCS, Smith Parlange, Contabilidad de humedad del suelo.

A continuación se presenta un resumen de la información que el programa HEC-HMS 3.2 requiere, según el método de pérdida seleccionado:

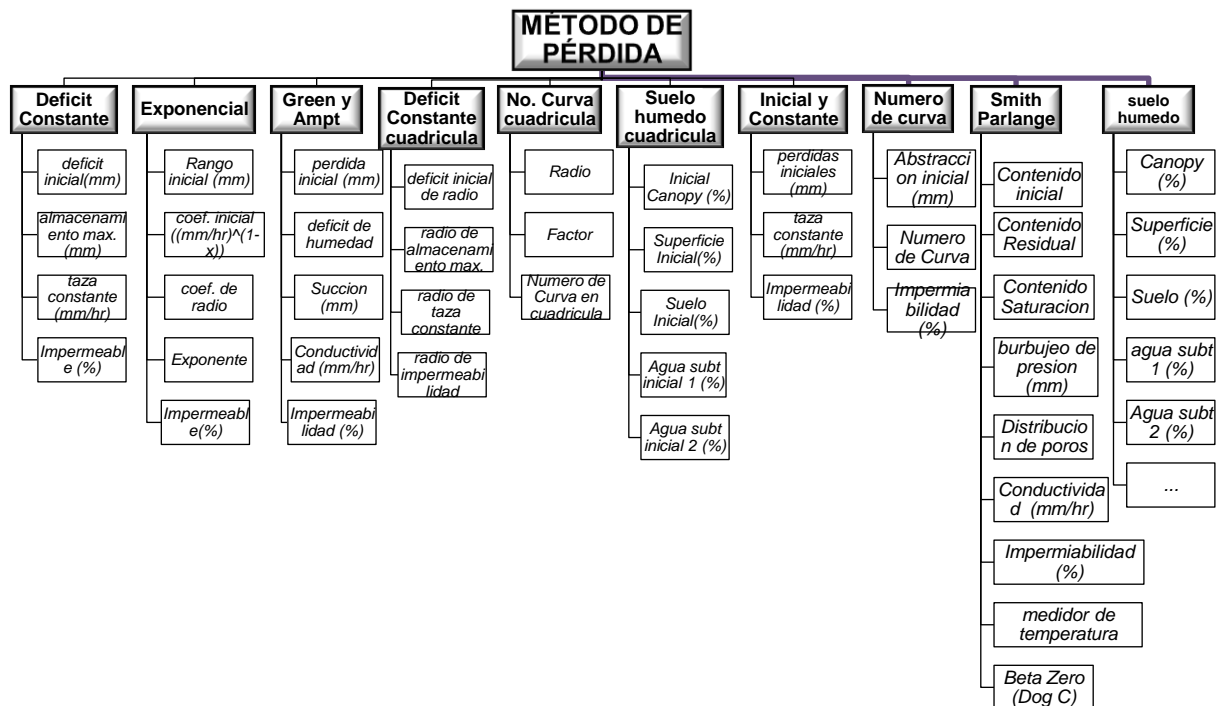


Figura 2. Métodos de Pérdida

*Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de
la Cuenca Sur de Managua*

En el modelo de la subcuenca III se trabaja con el método SCS Curve Number (Número de Curva del Servicio de Conservación de Suelos), ya que toma en consideración las características estudiadas para el análisis del comportamiento del escurrimiento en la sub-cuenca III.

Número de curva: Este método desarrollado por el *Servicio de Conservación de Suelos de los E.E.U.U.* (SCS), requiere que previamente se haga un estudio de uso y tipo de suelo de la cuenca, y conocer las condiciones de humedad antecedentes, para la aplicación de las siguientes tablas:

Tabla No. 1 Humedad Antecedente

Clasificación de clases antecedentes de humedad (AMC) para el método de abstracciones de lluvia del SCS		
	Lluvia antecedente total de 5 días (plg.)	
Grupo AMC	Estación Inactiva	Estación de Crecimiento
I	Menor que 0.5	Menor que 1.4
II	0.5 a 1.1	1.4 a 2.1
III	Sobre 1.1	Sobre 2.1
(Fuente: Soil Conservation Service, 1972, tabla 4.2,p. 4.12)		

AMC I: Condiciones secas; AMC II: Condiciones normales; AMC III: Condiciones húmedas

El número de curva para los grupos I y III se determinan según las siguientes fórmulas:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \qquad CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

Tabla No.2 Número de Curva

<i>Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana, urbana (Condiciones antecedentes de humedad II, $I_a = 0.2S$)</i>					
<i>Descripción del Uso de la Tierra</i>		<i>Grupo Hidrológico del Suelo</i>			
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>Tierra Cultivada ¹</i>	<i>Sin tratamiento de conservación</i>	72	81	88	91
	<i>Con tratamiento de conservación</i>	62	71	78	81
<i>Pastizales</i>	<i>Condiciones pobres</i>	68	79	86	89
	<i>Condiciones óptimas</i>	39	61	74	80
<i>Vegas de ríos</i>	<i>Condiciones óptimas</i>	30	58	71	78
<i>Bosques</i>	<i>Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas</i>	45	66	77	83
	<i>Cubierta buena ²</i>	25	55	70	77
<i>Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios,</i>	<i>Óptimas condiciones: Cubierta de pasto en el 75% o más</i>	39	61	74	80
	<i>Condiciones aceptables: Cubierta de pasto en el 50% al 75%</i>	49	69	79	84
<i>Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)</i>		89	92	94	95
<i>Distritos industriales (72% impermeables)</i>		81	88	91	93
<i>Residencial ³</i>					
<i>Tamaño promedio del lote</i>	<i>Porcentaje promedio impermeable ⁴</i>				
<i>1/8 acre o menos</i>	65	77	85	90	92
<i>1/4 acre</i>	38	61	75	83	87
<i>1/3 acre</i>	30	57	72	81	86
<i>1/2 acre</i>	25	54	70	80	85
<i>1 acre</i>	20	51	68	79	84

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

<i>Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc⁵</i>	98	98	98	98
<i>Calles y carreteras</i>				
<i>Pavimentados con cunetas y alcantarillados⁵</i>	98	98	98	98
<i>Grava</i>	76	85	89	91
<i>Tierra</i>	72	82	87	89
1. Para una descripción más detallada de los números de curva para usos agrícolas de la tierra, remitirse al Soil Conservation Service, 1972, Cap. 9.				
2. Una buena cubierta está protegida del pastizal, y los desechos del retiro de la cubierta del suelo.				
3. Los números de curva se calculan suponiendo que la escorrentía desde las casas y de los accesos se dirige hacia la calle, con un mínimo del agua del techo dirigida hacia el césped donde puede ocurrir infiltración adicional.				
4. Las áreas permeables restantes (césped), se consideran como pastizales en buenas condiciones para este número de curva.				
5. En algunos países con climas más cálidos se pueden utilizar 95 como número de curva.				

Se definen cuatro grupos de suelos:

Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.

Grupo B: Suelos poco profundos depositados por el viento, marga arenosa.

Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Para la determinación de la abstracción inicial tenemos el método desarrollado por el SCS (1972), el cual presenta las siguientes fórmulas para estimar este valor:

$$I_a = 0.2S \qquad S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Siendo:

I_a : Abstracción Inicial (Convertir a mm)

S: Retención potencial máxima (plg.)

CN: Número de Curva

El área impermeable es calculada para zonas urbanas, esta área puede ser considerada del 100% si los valores en porcentaje son significativamente pequeños respecto al área de cada microcuenca. Para ingresar este dato en el programa se debe calcular el número de curva compuesto sin tomar en cuenta áreas impermeables; en caso contrario este valor sería cero.

Los métodos para **transformar** la precipitación neta en caudal consideradas por el programa son: Hidrograma Unitario de Clark, Onda Cinemática, Modo Clark, Hidrograma unitario del SCS, Hidrograma Unitario de Snyder, Gráfico S especificado por el usuario, Hidrograma especificado por el usuario. Los cuales se muestran en la siguiente gráfica.

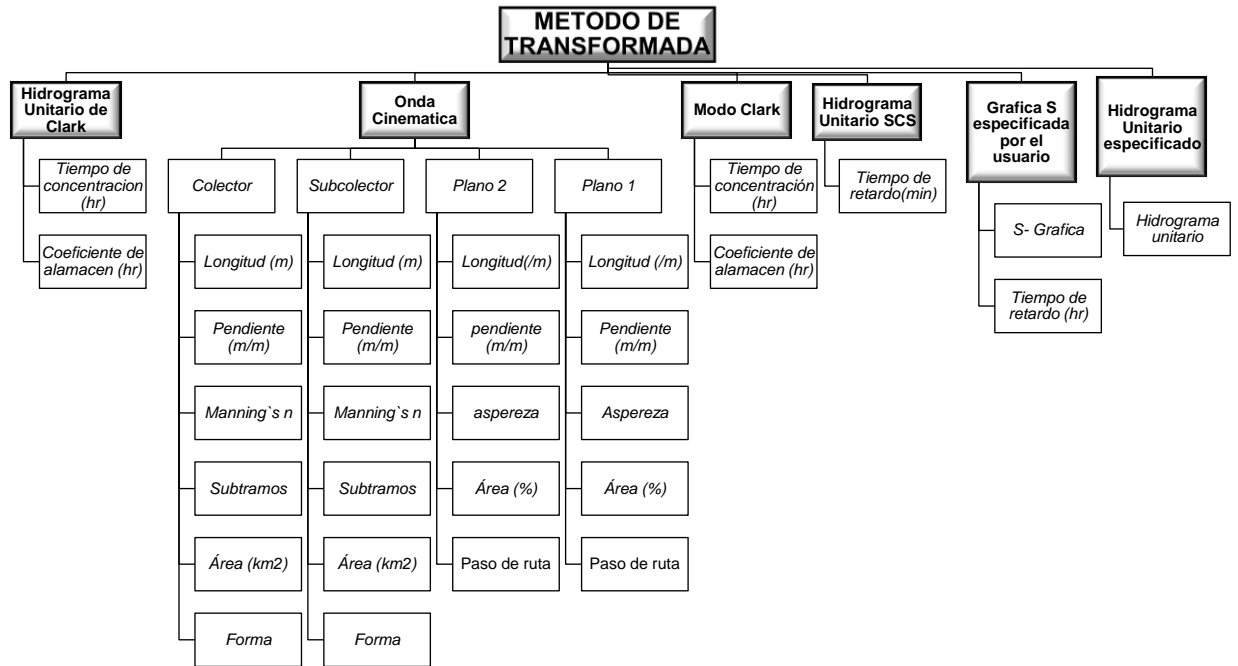


Figura 3. Métodos de Transformación

En el modelo de la sub-cuenca III se seleccionó el método del Hidrograma Unitario Sintético del Servicio de Conservación de Suelos.

Es un hidrograma unitario sintético en el cual el caudal se expresa por la relación del caudal q con respecto al caudal pico q_p , y el tiempo por la relación del tiempo t con respecto al tiempo de ocurrencia del pico en el hidrograma unitario, T_p . Dados el caudal pico y el tiempo de retardo para la duración de exceso de precipitación, el hidrograma unitario puede estimarse a partir del hidrograma sintético adimensional para la subcuenca dada. La figura 4. a), muestra uno de estos hidrogramas adimensionales, preparado utilizando los hidrogramas unitarios para una variedad de cuencas. Los valores de q_p y T_p pueden estimarse

utilizando un modelo simplificado de un hidrograma unitario triangular tal como se muestra en la figura 4. b), en donde el tiempo está dado en horas y el caudal en $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{cm}$ (o cfs/plg).

Adicionalmente, un estudio de los hidrogramas unitarios de muchas cuencas rurales grandes y pequeñas indica que el tiempo de retardo $t_p \approx 0.6T_c$, donde T_c es el tiempo de concentración de la cuenca. Como se muestra en la figura 4. b), el tiempo de ocurrencia del pico T_p , puede expresarse en términos del tiempo de retardo t_p , y de la duración de la lluvia efectiva t_r .

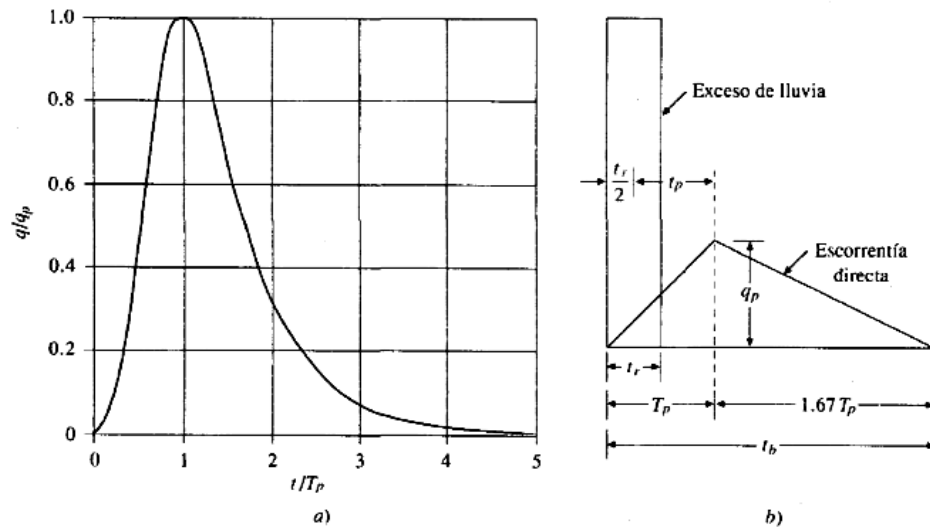


Figura 4. Hidrogramas unitarios sintéticos del Soil Conservation Service.
a).- Hidrograma adimensional y b).- Hidrograma unitario triangular.
(Fuente: Soil Conservation Service, 1972).

Según Kirpich la fórmula para determinar el tiempo de concentración es:

$$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde, L: Máxima longitud del recorrido, en m;
 H: Diferencia de elevación entre los puntos extremos del cauce principal, en m.

Los métodos considerados por el HEC-HMS 3.2 para calcular el **flujo base** son:
La recesión limitada, constante mensual, depósito lineal, depósito no lineal de Boussinesq y la recesión.

Si no cuenta con flujo base la cuenca, la opción seleccionada puede ser None (Ninguno), entonces el programa asume que el valor es cero.

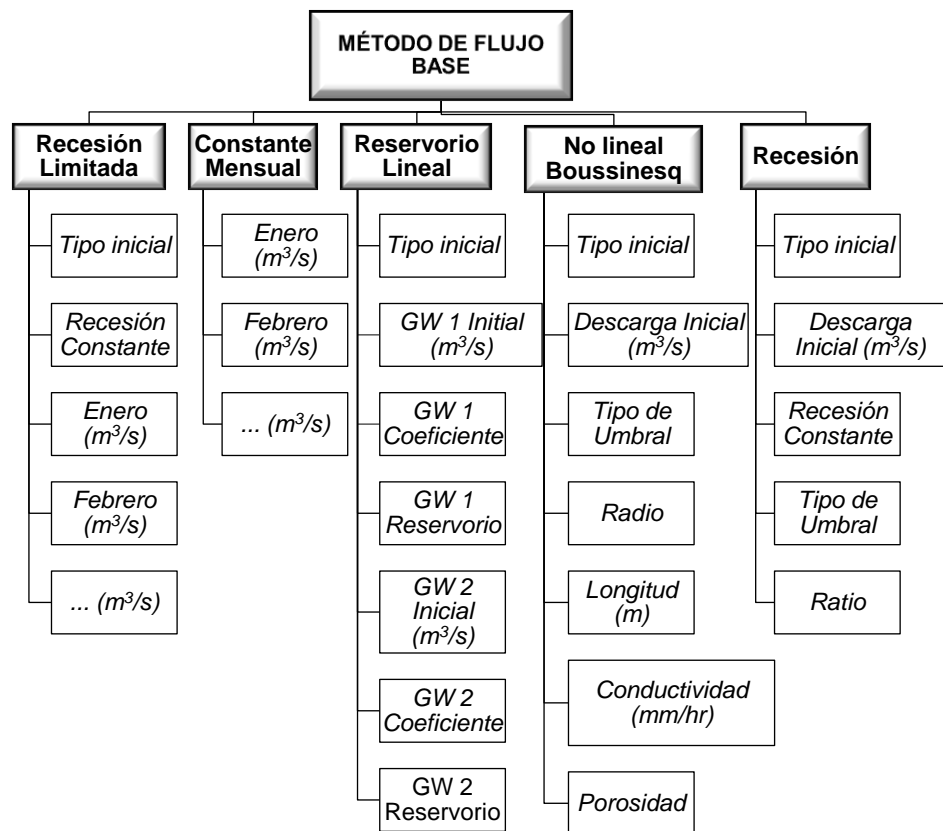


Figura 5. Métodos de Flujo Base

Para el cálculo del caudal en la salida de la cuenca, es necesario analizar como el hidrograma viene transitando a través del cauce principal. Este tránsito puede ser calculado por métodos hidrológicos o por métodos hidráulicos, utilizando ecuaciones de movimiento de fluido.

El elemento **cauce** es analizado a través de los métodos de ruta entre los cuales tenemos: Onda Cinemática, Retardo, Puls Modificado, Muskingum, Muskingum-Cunge, y el Straddle Stagger.

Un método muy sencillo para el tránsito del hidrograma es el método de Muskingum, consiste en calcular el volumen en un cauce dividido en dos partes, un volumen de prisma y un volumen de cuña:

$$V_{\text{prisma}} = K S_{\text{salida}};$$

$$V_{\text{cuña}} = K X (Q_{\text{entrada}} - Q_{\text{salida}}).$$

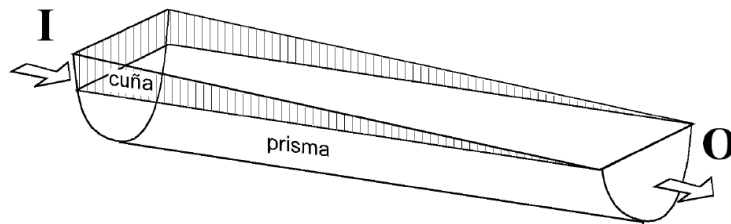


Figura 6. Almacenamiento en un canal

El almacenamiento total (V) es la suma de los dos:

$$V_{\text{Total}} = K [X * Q_{\text{entrada}} + (1 - X) * Q_{\text{salida}}];$$

K, X, son constantes del tramo del cauce.

K: Puede asimilarse al tiempo de recorrido de la onda de un extremo al otro del tramo de estudio

X: Es una constante que varía entre 0 y 0.5, y suele usarse un valor entre 0.2 y 0.3

Conociendo los valores de K y X y conociendo el caudal de entrada, se puede conocer el caudal de salida.

-Administrador de los datos de series de tiempo

El modelo hidrológico a menudo requiere serie de tiempo de datos de precipitación para calcular el promedio de precipitación en la cuenca. El programa separa diferentes tipos de datos con diferentes tipos de medidores (Pluviómetros).

Los datos del medidor tienen que ser ingresados una sola vez. Los medidores son parte del proyecto y pueden ser compartidos por cuenca múltiple o modelos meteorológicos.

En este componente, se ingresan los medidores de precipitación, temperatura, radiación solar, coeficiente de **cosecha** y **estaciones**.

En esta investigación se utilizó el medidor de precipitación, a través de un solo pluviógrafo, ingresando los registros diarios de INETER, del huracán Mitch en 1998.

-Administrador del modelo meteorológico

El modelo meteorológico representa la manera en que reacciona la cuenca ante una precipitación, está compuesto de los datos de precipitación, evapotranspiración, nieve y las respectivas unidades en que serán procesados los datos.

Los métodos considerados para la precipitación son: Tormenta de Frecuencia, Medidores, Precipitación de Cuadrícula, Distancia Inversa, Tormenta SCS, Hietograma especificado y Tormenta de Proyecto.

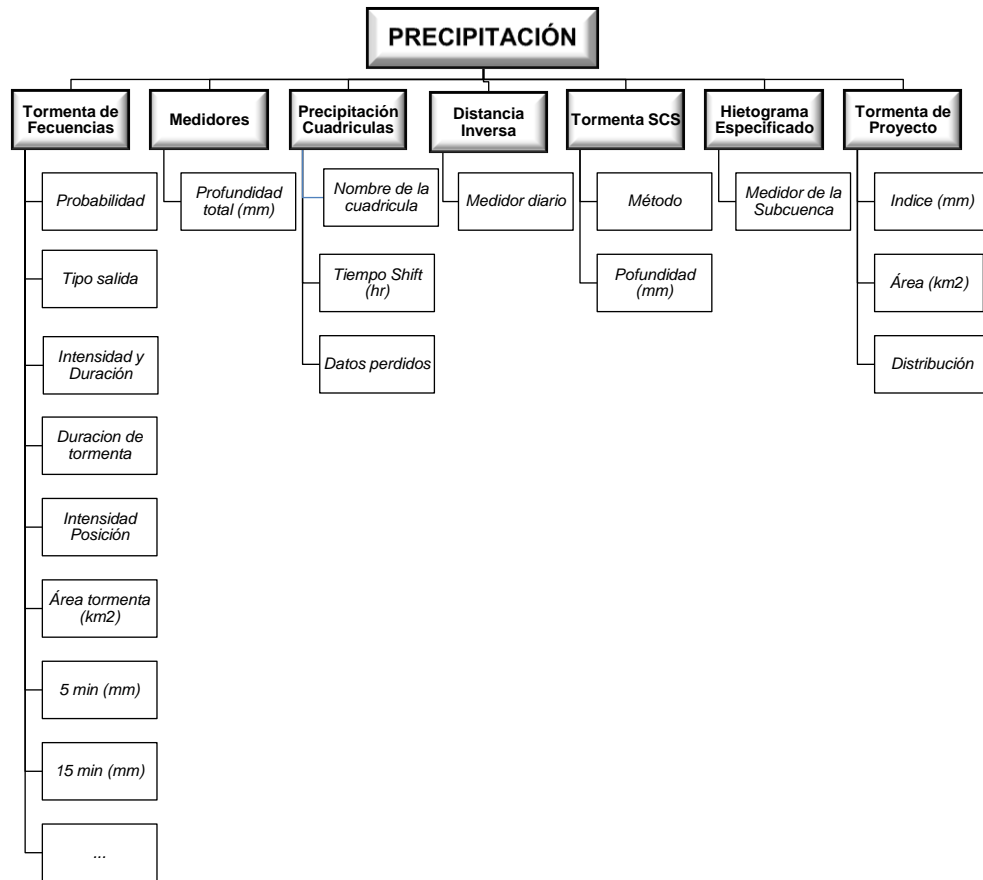


Figura 7. Métodos de Precipitación

El método Hietograma Especificado, es útil cuando un medidor de precipitación (pluviógrafo) es usado para representar lo que sucede en más de una sub-cuenca, este es graficado con los datos de tiempo vs precipitación (mm). En nuestro país es facilitada esta información a través de INETER (Instituto Nacional de Estudios Territoriales). Una vez ingresados al programa, se observa el siguiente hietograma:

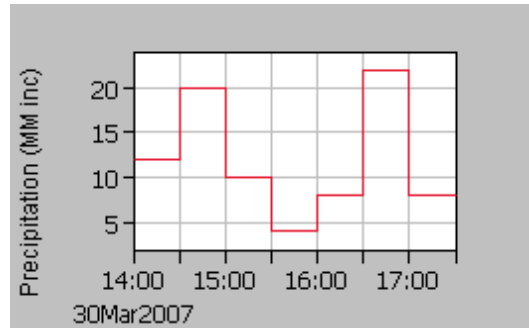


Figura 8. Hietograma

El programa HEC-HMS 3.2 considera los siguientes métodos para la determinación de la evapotranspiración: Cuadriculas de Priestley-Taylor, Promedio Mensual, y Priestley-Taylor.

También toma en consideración la nieve con los siguientes métodos: Cuadriculas de Índice de Temperatura e Índice de Temperatura. Debido a que no en todos los países ocurre este fenómeno, el programa permite seleccionar la opción “Ninguno”, omitiendo este fenómeno en el análisis.

-Especificaciones de Control

En este componente se indican los tiempos de simulación y optimización, los modelos hidrológicos a menudo requieren series de tiempo de los datos de precipitación para calcular la precipitación promedio de la sub-cuenca. Los datos de serie de tiempo son guardados en un proyecto como un *medidor*. El programa separa diferentes clases de datos con tipos de medidores diferentes.

Los datos de los medidores (Pluviógrafo) solamente tienen que ser ingresados una vez. Los medidores son parte del proyecto y pueden ser compartidos por múltiples modelos de cuenca o modelos meteorológicos.

A continuación se observa la tabla que el programa HEC-HMS 3.2 muestra para ser ingresados los valores, si se cuenta con más de un medidor de precipitación se pueden georeferenciar, para distribuir el peso en cada uno de estos.

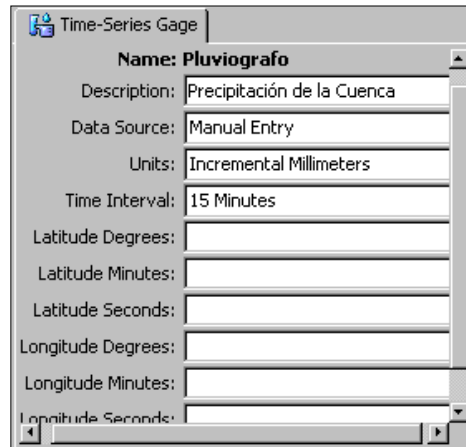


Figura 9. Especificaciones de Control

-Administrador de los datos Apareados

Los modelos hidrológicos a menudo requieren de datos apareados o adjuntos a los datos requeridos por los programas representados gráficamente. Los medidores son parte del proyecto y pueden ser compartidos por múltiples cuencas o modelos meteorológicos.

-Administrador de los Datos Tabulados

Algunos de los métodos incluidos en el programa operan en base a celdas de cuadrícula. Esto significa que los parámetros deben ser ingresados para cada celda de la cuadrícula. Esto también significa que las condiciones límites como la precipitación deben estar disponibles para cada celda de la cuadrícula. Los datos son parte del proyecto y pueden ser compartidos por cuenca múltiple o modelos meteorológicos.

2.1.2 Tablas de Resultados Generadas por el HEC-HMS 3.2

La información principal que presenta el programa a través de tablas resumen son:

- Caudal máximo (m^3/s)
- Tiempo al pico del caudal máximo
- Volumen (mm)

Los resultados del programa HEC-HMS 3.2, permiten analizar el comportamiento del caudal en los elementos de la cuenca, la validez de los resultados dependerá de la confiabilidad de los datos ingresados al programa en cada uno de los métodos seleccionados. La tabla de resultados global se muestra en el anexo 6.

2.2 Modelación Hidráulica con HEC-RAS 4.1

El HEC-RAS 4.1 es un paquete integrado de análisis hidráulico, programa en que el usuario actúa recíprocamente con el sistema a través del uso de una Interface Gráfica del Usuario (GUI). El sistema es capaz de realizar cálculos de los flujos de la superficie del agua, cálculos de flujo uniforme, flujo variado, transporte del sedimento, etc.

En la terminología de HEC-RAS 4.1, un proyecto es un juego de archivos de datos asociados con un sistema de un río en particular. El modelador puede realizar cualquiera o varios tipos de análisis, incluido en el paquete de HEC-RAS 4.1, como parte del proyecto.

Los archivos de datos para un proyecto se categorizan como sigue: Datos de planta; Datos geométricos; Datos de flujo uniforme; Datos de sedimentos y Datos de diseño hidráulico.

La creación de un modelo hidráulico con HEC-RAS 4.1, requiere los siguientes pasos:

- 1.- Crear un proyecto nuevo o abrir uno existente;
- 2.- Introducir los datos geométricos;
- 3.- Introducir los datos hidráulicos: Caudal y condiciones de contorno;
- 4.- Crear un plan y ejecutar la simulación;
- 5.- Ver e imprimir los resultados.

Los resultados de las simulaciones del programa permiten plantear alternativas para solucionar problemas reales.

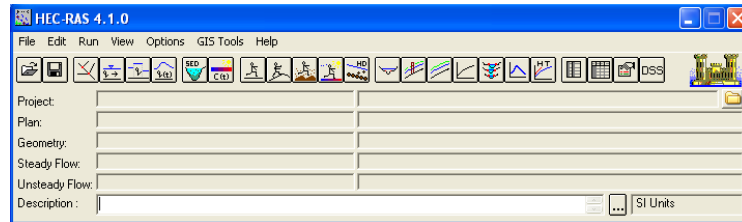


Figura 10. Ventana principal del HEC-RAS 4.1

2.2.1 Datos Geométricos

Los datos geométricos consisten en establecer una conectividad del sistema de ríos (esquema del sistema de ríos); datos de la sección transversal, la longitud del tramo, los coeficientes de energía de pérdidas (pérdidas por fricción, pérdidas por contracción y expansión) y la información de las conexiones de flujo en los tramos del río o cauce; datos de las estructuras hidráulicas (puentes, alcantarillas, caídas hidráulicas, presas, etc.) que estén localizados en el tramo del río o cauce.

-Sistema esquemático del río o cauce

El sistema esquemático del río es requerido para cualquier conjunto de datos geométricos con el sistema de HEC-RAS 4.1. El sistema esquemático del río es desarrollado por un dibujo y conectados por varios tramos.

Para comenzar a trabajar con HEC-RAS 4.1 es necesario crear el esquema del río o cauce de tramo a tramo; definir el extremo de aguas arriba y el extremo de aguas abajo e introducir los datos geométricos de las secciones que conforman el cauce o el río.

La conectividad de los tramos es muy importante para el modelo del sistema de drenaje. Es necesario que el dibujo del tramo sea de aguas arribas hacia aguas abajo, dando así la dirección del flujo. La conexión de los tramos se hace a través de una unión, esta solamente establece un punto localizado, donde uno o más flujos convergen o se dividen. Por ejemplo Fig. 11.

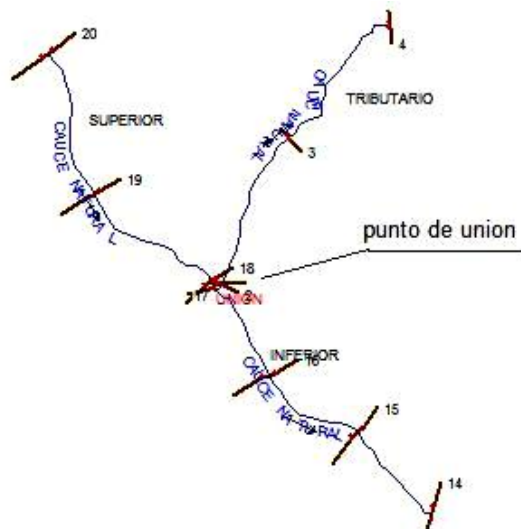


Figura 11. Sistema Esquemático de un río

HEC-RAS 4.1 reconoce los datos geométricos de los tramos que fundamentalmente son diversas secciones transversales a lo largo del cauce o

cauces considerados. Se pueden considerar unas 10 secciones a cada 100 m aguas arriba y unas 5 secciones a cada 100 m aguas abajo referentes a una estructura hidráulica. Dichas secciones transversales se introducen mediante la cota del terreno de varios puntos; de este modo, mediante la cota de dos secciones contiguas, separadas por una distancia conocida, el modelo calcula la pendiente del tramo. El sistema numérico para cada sección debe ser consistente, HEC-RAS 4.1 asume que los valores altos, son los correspondientes a secciones aguas arriba y los números más bajos son los de secciones aguas abajo, como se ve en la fig. 12.

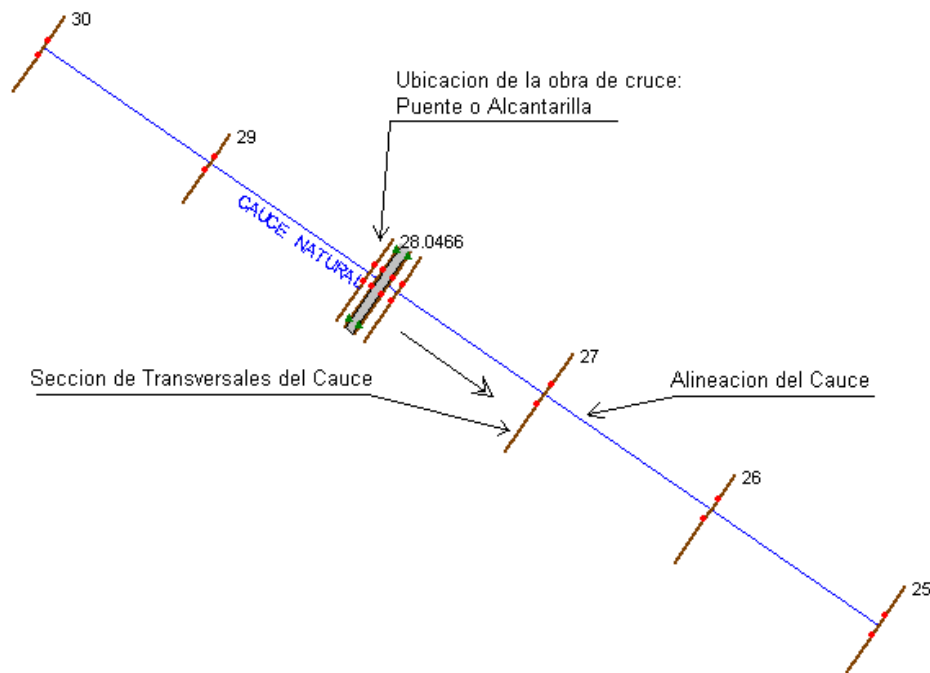


Figura 12. Esquema del cauce con ubicación de la obra de cruce

-Secciones Transversales del Cauce

Las condiciones geométricas para el análisis de flujo en corrientes naturales son especificadas en términos de la superficie del terreno de la sección transversal y las distancia entre ellas. Las secciones transversales son localizadas a intervalos

largos en dependencia de la caracterización de la corriente (perfiles de flujo), tomando en cuenta el flujo central del cauce y las planicies de inundación.

La sección transversal es descrita introduciendo la estación y la elevación como pares ordenados, o sea (x, y) de izquierda a derecha, en sentido aguas abajo formando una columna de datos. En la primera columna, se introduce la distancia desde el margen izquierdo y en la segunda columna, la cota del terreno de fondo del cauce en ese punto, ver fig. 13.

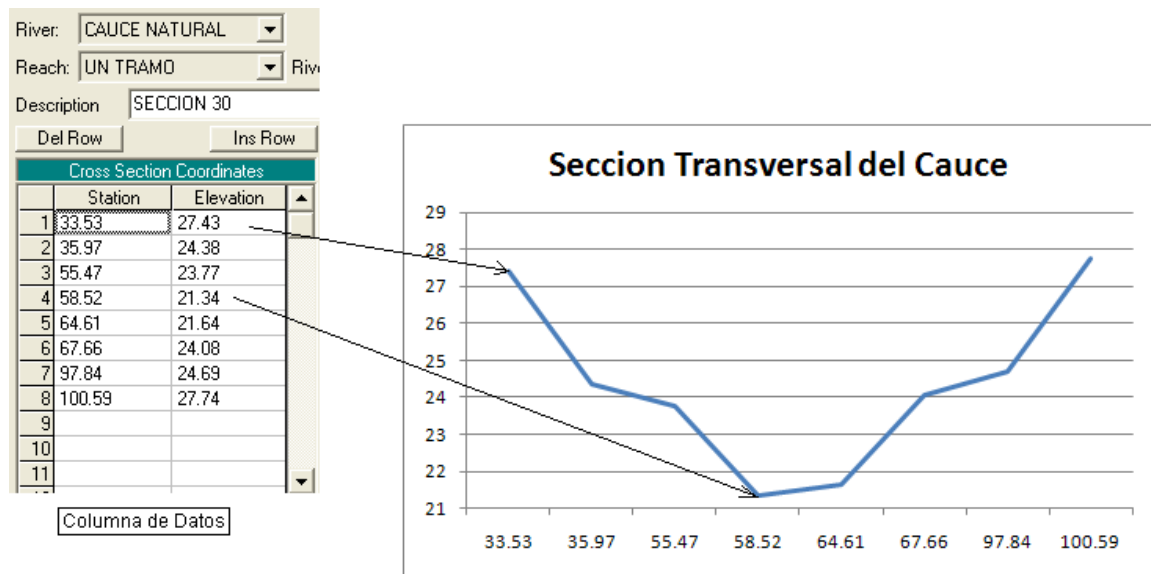


Fig. 13. Secciones Transversales del Cauce

Lógicamente HEC-RAS 4.1 es un modelo hidráulico, por lo tanto hace falta considerar las condiciones hidráulicas de cada sección, por ejemplo: las distancias de las márgenes, tanto izquierda como derecha y la distancia a lo largo del centro del cauce con respecto a la sección aguas abajo inmediata, así como los valores del coeficiente de Manning en los márgenes y al centro del cauce. HEC-RAS 4.1 necesita conocer los puntos donde inicia la planicie de inundación, los cuales acotaran el canal principal, ver fig.14. La sección es una presentación localizada a través de la corriente del tramo, donde puede ocurrir un cambio en la descarga, de pendiente, de la forma de la sección o de la

rugosidad del cauce, en localidades que se ubican diques, puentes o estructuras de control como vertederos.

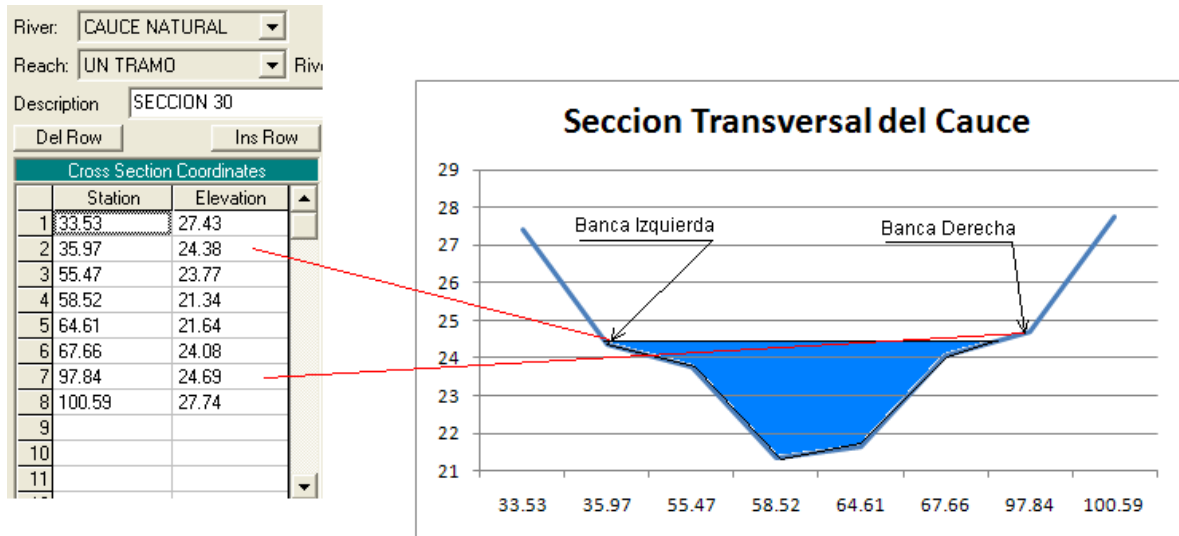


Figura 14. Definición de las banquetas de inundación y la sección transversal del cauce

-Secciones transversales con flujo inefectivo

Esta definición permite determinar áreas de la sección transversal con elevaciones más bajas que las banquetas del cauce o río, que no contribuyen efectivamente a transportar el agua en la sección transversal del cauce o río, es decir, zonas de la sección donde el agua se estanca; esto ocurre donde la elevación de la banca es mayor que el nivel del agua en el cauce adyacente o poza. Esta opción es usada cuando la superficie del agua está por debajo de las elevaciones inefectivas que se establecen; las áreas a la izquierda de la banca izquierda y las áreas a la derecha de la banca derecha son consideradas como inefectivas, Ver fig. 15.

Para evitar un error en la altura de la superficie del agua, se deben de seleccionar y aplicar las correcciones a las secciones que presentan estas características, sino HEC RAS 4.1 asume que en esta porción de sección existe transporte de agua.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

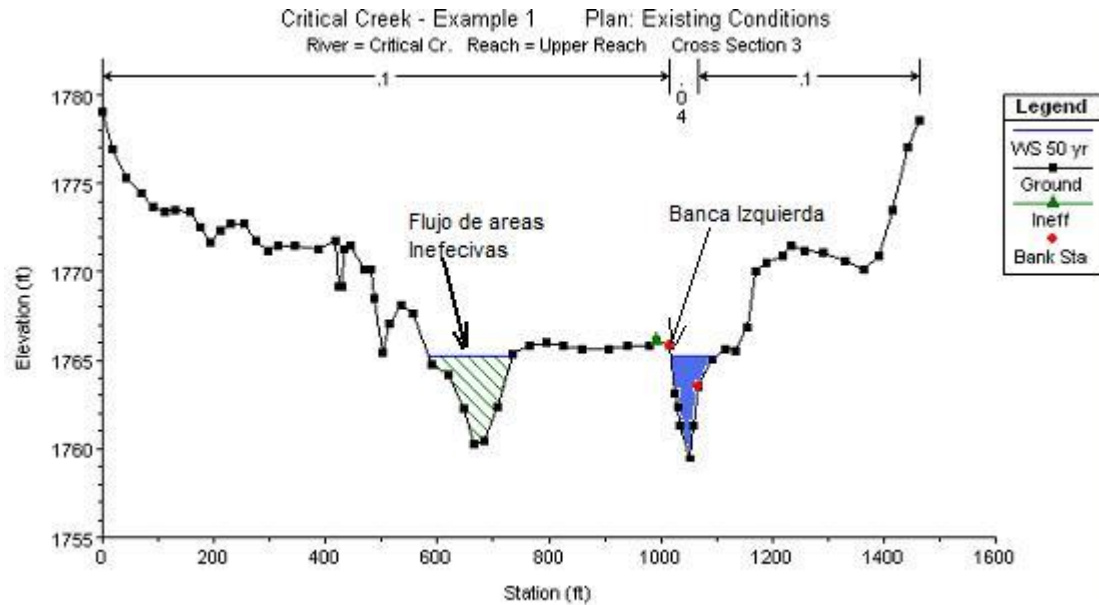


Fig. 15. Áreas Inefectivas de Flujo

Como se observa, en la margen izquierda, el punto más alto del cauce en el estudio es el que a la izquierda del señalado como la banca izquierda, por lo tanto se indica este punto como límite para que una vez que el agua sobrepase este punto ya pueda llenar el espacio que antes aparecía con agua.

-Coeficientes de Contracción y Expansión

HEC-RAS 4.1 utiliza los coeficientes de contracción y expansión para determinar las pérdidas de energía entre las secciones contiguas debido a su cambio de sección, esto se aplica más cuando tiene secciones irregulares el cauce. Las pérdidas de energía entre dos secciones contiguas se pueden expresar como:

$$h_p = LS_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

Donde:

L: Longitud del cauce en peso de la descarga

S_f: Gradiente hidráulico entre las secciones contiguas

C: Coeficiente de pérdidas por expansión o contracción

$$L = \frac{L_{BI}\bar{Q}_{BI} + L_C\bar{Q}_C + L_{BD}\bar{Q}_{BD}}{\bar{Q}_{BI} + \bar{Q}_C + \bar{Q}_{BD}}$$

Donde:

L_{BI}, L_C, L_{BD} : Longitud específica del caudal en el cauce considerando la banca izquierda, la línea central y la banca derecha

Q_{BI}, Q_C, Q_{BD} : Promedio aritmético de caudales entre las secciones contiguas correspondiente a la banca izquierda, la línea central y la banca derecha del cauce.

HEC-RAS 4.1, asume que la contracción ocurre cuando la carga de velocidad aguas abajo es grande con respecto a la carga de velocidad aguas arriba, por lo contrario asume una expansión.

Cuando el cambio de sección en cauce es pequeño y el flujo es subcrítico los coeficientes de contracción y de expansión pueden andar en el orden de 0.1 y 0.3 respectivamente. Cuando el cambio es abrupto como el caso de los puentes, los coeficientes de contracción y de expansión con frecuencia se usan de 0.3 y 0.5. En ocasión, los coeficientes de contracción y expansión respecto a los puentes y alcantarillas puede ser más alto, como 0.6 y 0.8 respectivamente. Estos valores pueden ser cambiados en cualquier sección. Valores típicos para los coeficientes de contracción y expansión para flujo subcrítico, según el Manual de Referencia de programa HEC-RAS 4.1.

Tabla 3. Coeficientes de Contracción y Expansión

COEFICIENTES DE CONTRACCIÓN Y EXPANSIÓN EN FLUJO SUBCRÍTICOS		
	Contracción	Expansión
No hay pérdidas en transición	0.0	0.0
Transición Gradual	0.1	0.3

*Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de
la Cuenca Sur de Managua*

Secciones Típicas en Puentes	0.3	0.5
Transiciones Abruptas	0.6	0.8

El máximo valor para los coeficientes de contracción y expansión es igual a la unidad. En general, los coeficientes empíricos de contracción y expansión pueden ser bajos en un flujo supercrítico, debido a su carga de velocidad que es muy grande, y el pequeño cambio en su profundidad puede causar cambios prolongados en su carga de velocidad. Un valor típico de estos coeficientes para la transición gradual en flujo supercrítico puede aproximarse a 0.1 para la contracción y 0.3 para la expansión. Al comienzo en una transición natural abrupta, es necesario usar valores más altos, tales como 0.5 para la contracción y 0.2 para la expansión.

2.2.2 Datos hidráulicos

Una vez ingresados los datos geométricos se ingresa el flujo y las condiciones de contorno.

Para el ingreso de los datos del flujo se requiere: el número de perfiles a ser computado; los datos de flujo (Caudales, niveles de agua en la sección de control); y las condiciones de contorno del cauce o río. Por lo menos se debe ingresar un flujo para cada tramo dentro del sistema.

Las condiciones de contorno dependen del tipo de flujo seleccionado. Si es un análisis subcrítico, solamente se requieren las condiciones de aguas abajo, si es un análisis de flujo supercrítico, entonces solo se requieren las condiciones de contorno aguas arriba y si el análisis es un régimen de flujo mixto entonces se requieren ambas condiciones de contorno tanto aguas arriba como aguas abajo. El límite condiciona la forma de entrada de datos.

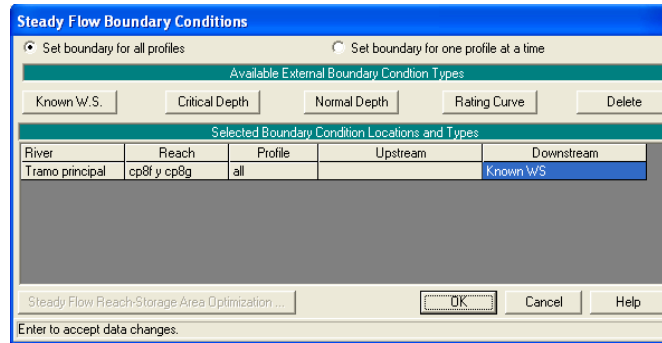


Figura 16. Condiciones de contorno

Una vez que se definen las condiciones del análisis se procede a realizar la simulación.

2.2.3 Resultados de la simulación hidráulica con HEC-RAS 4.1

La simulación se realiza una vez ingresados todos los datos. Se observan las gráficas y tablas de resultados las cuales abarcan secciones transversales (Mostrando la sección del canal y los niveles de agua), perfiles longitudinales, curvas y tirante Vs. Q (Caudal), perspectivas X-Y-Z (Pseudo 3D), tabla de la sección transversal (Puntos, velocidad media, número de Froude, etc.), tabla del perfil longitudinal, etc.

Los datos de salida permiten conocer, por ejemplo, el tirante del agua, la velocidad media del flujo, etc. Estos parámetros se utilizan, en el diseño de puentes (para calcular la socavación producida por el paso del agua en los pilares y estribos), para diseñar la protección de los terraplenes de una carretera, para determinar la planicie de inundación y planificar el desarrollo urbano de una ciudad, etc. Los datos de salida se deben tratar con sumo cuidado por un especialista.

Todos los gráficos y tablas de datos pueden ser vistos en pantalla, enviados a una impresora, al plotter, pasado a través del Clipboard de Windows a otro software como procesador de textos o una hoja de cálculos.

-Secciones transversales

En este caso se muestra gráficamente para cada sección transversal del cauce, según datos geométricos, los niveles de las profundidades normales, crítica correspondiente a los periodos de retorno especificados e igual en las secciones transversales relativas del puente.

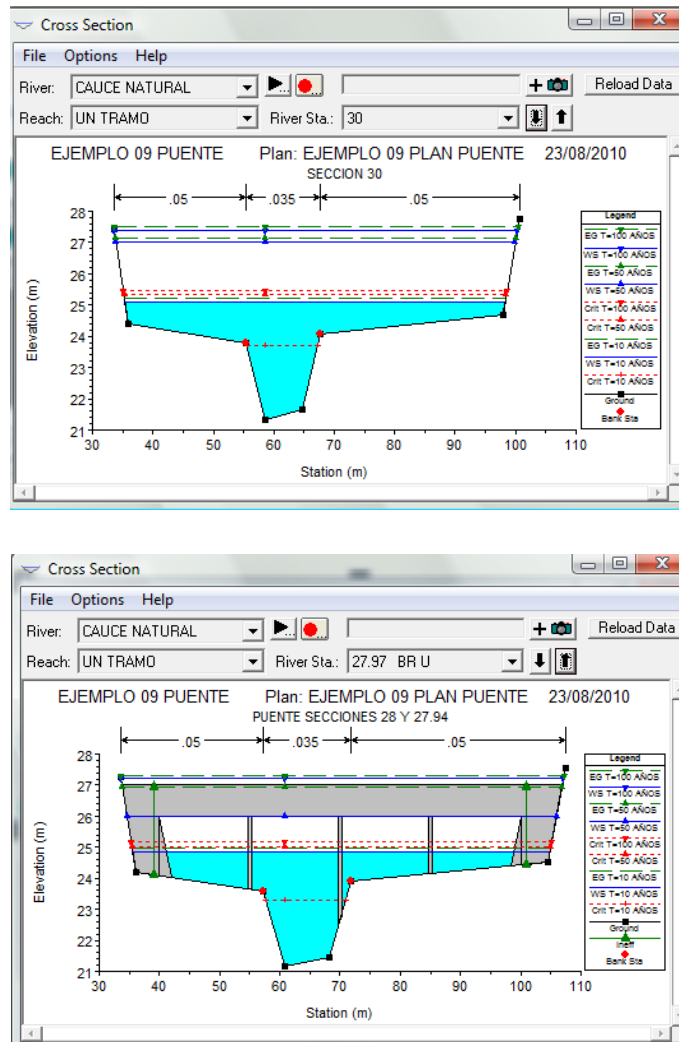


Figura 17. Secciones transversales del cauce y la ubicación del puente

-Perfiles longitudinales de flujo

Muestra los perfiles de flujo correspondiente a los periodos de retorno especificados donde se incluye la forma hidráulica como el puente trabaja.

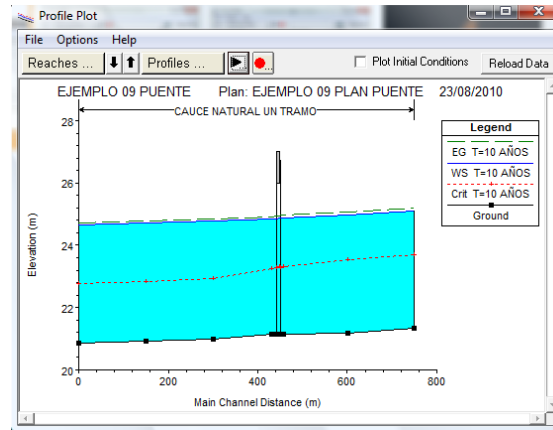


Figura 18. Puente trabajando como un canal abierto.

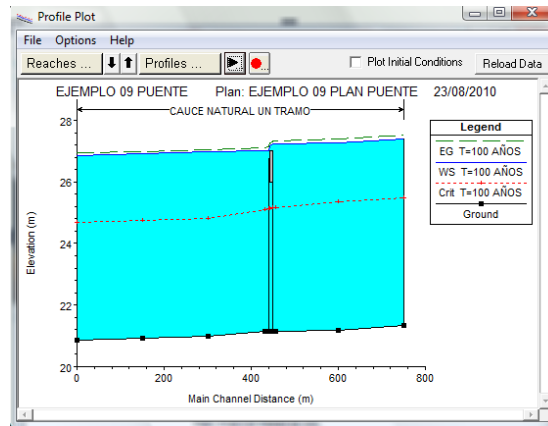


Figura 19. Puente trabajando como un vertedero.

-Perfil de flujo en perspectiva 3d

HEC RAS 4.1 hace una simulación en 3D, para observar las áreas de inundación del cauce producido por la obstrucción del puente.

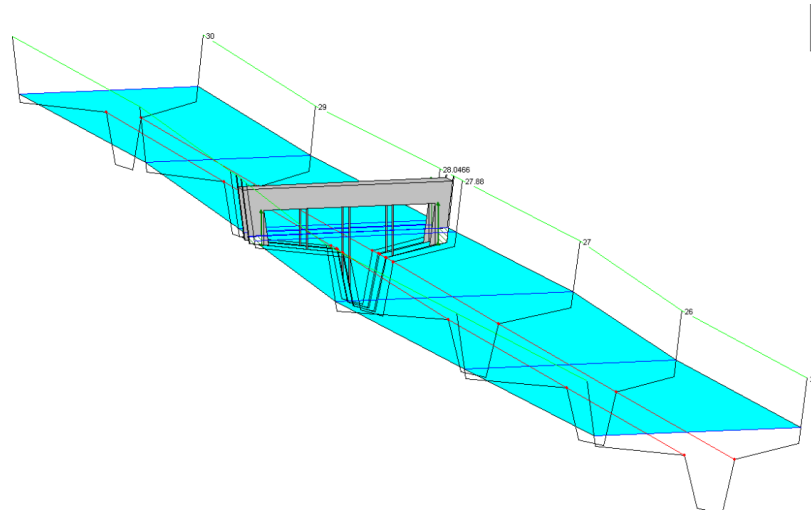


Figura 20. Puente trabajando como un canal en 3D

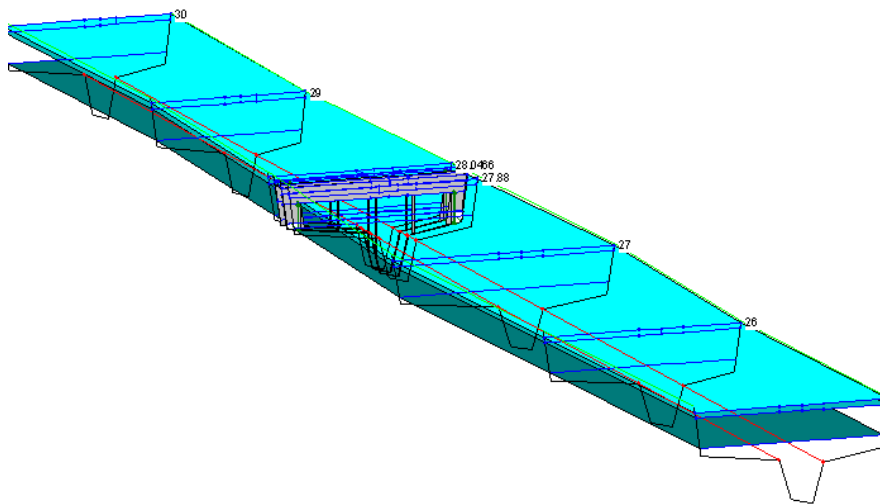


Figura 21. Puente trabajando como un vertedero en 3D

-Tabla de resultado del perfil de flujo

Una manera de determinar las características hidráulicas que ocurren en el puente es viendo la tabla de resultado del perfil de la simulación hidráulica correspondiente a los periodos de retorno analizado. El puente trabajando como un canal (T=10 años), método de flujo bajo: el puente trabajando como un orificio (T= 50 años) y el puente trabajando como un vertedero (T=100 años).

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

El método de flujo alto, se observa en la tabla en la columna Q_{Weir} , el caudal que se vierte sobre el puente ($Q_{vertedero} = 18.27 \text{ m}^3/\text{s}$), el resto del flujo total (caudal hidrológico) pasa a través de la apertura del puente como flujo a presión. Se especificó que los cálculos de flujo a presión empiecen cuando la elevación de la línea de energía de la sección aguas arriba (columna E.G. US) sea ligeramente mayor que la elevación más alta de la cuerda inferior aguas abajo del tablero del puente (columna Min. El. Prs. = 26m), o sea que para los periodos de retorno de 50 y 100 años el puente trabajara con un flujo a presión.

Profile Output Table - Bridge Only										
File Options Std. Tables Locations Help										
HEC-RAS Plan: PLAN 09 PUENTE River: CAUCE NAT										
Reach	River Sta	Profile	E.G. US	Min El Prs	BR Open Area	Prs O W/S	Q Total	Min El Weir Flow	Q Weir	Delta EG
			(m)	(m)	(m ²)	(m)	(m ³ /s)	(m)	(m ³ /s)	(m)
UN TRAMO	27.97	T=10 AÑOS	24.96	26.00	141.90		80.00	27.00		0.03
UN TRAMO	27.97	T=50 AÑOS	26.93	26.00	141.90	26.83	250.00	27.00		0.15
UN TRAMO	27.97	T=100 AÑOS	27.32	26.00	141.90		290.00	27.00	18.27	0.19

Figura 22. Datos de salida del puente.

En esta siguiente tabla de resultado se observan los métodos energéticos seleccionados para ver la forma de trabajo del puente, así como la energía de trabajo como un orificio y como un vertedero. Las tres filas muestran los resultados para cada uno de los perfiles de flujo, en orden ascendente. La columna W.S. U.S muestra la elevación de la superficie del agua inmediatamente aguas arriba del puente. Las columnas de Energy EG, Momen. EG y Yarnell EG muestran los resultados de los métodos de los flujos bajos que fueron escogidos para ser calculados, donde se usa el valor con la mayor pérdida de energía, o sea que HEC RAS 4.1 empleó el método de la cantidad de Momentum para determinar el perfil de flujo del puente trabajando como un canal.

Profile Output Table - Bridge Comparison													
File Options Std. Tables Locations Help													
HEC-RAS Plan: PLAN 09 PUENTE River: CAUCE NATURAL Reach: UN TRAMO													
Reach	River Sta	Profile	E.G. US	W.S. US	Br Sel Method	Energy EG	Momen. EG	Yarnell EG	WSPRO EG	Prs O EG	Prs/Wr EG	Energy/Wr EG	
			(m)	(m)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
UN TRAMO	27.97	T=10 AÑOS	24.96	24.87	Momentum	24.94	24.96	24.94					
UN TRAMO	27.97	T=50 AÑOS	26.93	26.83	Press Only	26.93				26.93			
UN TRAMO	27.97	T=100 AÑOS	27.32	27.22	Press/Weir	27.35				27.36	27.32		

Figura 23. Tabla de los perfiles de salida, comparativa.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

En las siguientes tablas de resultados se muestran los datos hidráulicos de trabajo del puente como un canal, como un orificio y como un vertedero respectivamente.

Plan: PLAN 09 PUENTE CAUCE NATURAL UN TRAMO RS: 27.97 Profile: T=10 AÑOS				
E.G. US. (m)	24.96	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	24.87	E.G. Elev (m)	24.96	24.93
Q Total (m3/s)	80.00	W.S. Elev (m)	24.87	24.84
Q Bridge (m3/s)	80.00	Crit W.S. (m)	23.30	23.29
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	3.72	3.70
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	1.04	1.04
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	76.89	76.58
Weir Submerg		Froude # Chl	0.17	0.17
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	92.90	92.38
Min El Weir Flow (m)	27.00	Hydr Depth (m)	1.37	1.36
Min El Prs (m)	26.00	W.P. Total (m)	69.01	69.41
Delta EG (m)	0.03	Conv. Total (m3/s)	2563.8	2519.3
Delta WS (m)	0.03	Top Width (m)	56.30	56.26
BR Open Area (m2)	141.90	Frctn Loss (m)		
BR Open Vel (m/s)	1.04	C & E Loss (m)		
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	10.64	10.91
Br Sel Method	Momentum	Power Total (N/m s)	11.07	11.40

Errors, Warnings and Notes	
Note:	Multiple critical depths were found at this location. The critical depth with the lowest, valid, energy was used.
Note:	Multiple critical depths were found at this location. The critical depth with the lowest, valid, energy was used.

Select Profile

Figura 24. Tabla de resultado del puente trabajando como un canal

Una vez ejecutada la simulación el programa muestra registro de las incidencias que se clasifican en: Errores, advertencias y notas.

CAPITULO III: CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Cuenca Sur de Managua está localizada en la región central del pacífico de Nicaragua. Se encuentra limitada al Norte, por el Lago de Managua; al Sur el poblado del Crucero y el volcán Masaya; al Este los poblados de Tipitapa y Nindirí; al Oeste la cima o parteaguas de las sierras de Managua y el municipio de Nagarote.

El área de estudio abarca la subcuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua, comprendida entre los municipios de El Crucero (14.04%), La Concepción (16.7%), Ticuantepe (41.07%), Nindirí (2.49%) y Managua (25.7%).



SUBCUENCA III DE LA CUENCA SUR

Figura 25. Ubicación de la Subcuenca III de la Cuenca Sur de Managua

3.1 Caracterización de la cuenca

Para comprender el escurrimiento superficial en una cuenca, los factores y estudios más importantes que inciden en este fenómeno son: Área, perímetro, longitud de la cuenca, entre otros.

Los parámetros físicos, se calcularon y determinaron con ayuda del programa Auto CAD 2007, basados en mapas geodésicos elaborados en INETER, edición 2006.

Parámetro	Dato
Área de drenaje	120.32 km ²
Perímetro de la cuenca	71.66 km
Altura máxima cuenca	987 msnm
Altura mínima cuenca	57 msnm
Longitud de cuenca	26.79 km
Longitud total de ríos	204 km
Altura mínima del cauce principal	57 msnm
Altura máxima del cauce principal	400 msnm
Longitud del cauce principal	25.66 km
Número de ríos de 1er orden	82

Tabla 4. Parámetros de la cuenca

Entre los parámetros más importantes está la superficie de la subcuenca III, que es un poco más de 120km².

La pendiente del terreno se calculó de acuerdo a las alturas máximas y mínimas y a la distancia máxima del flujo en la cuenca.

$$S = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{\text{Dif. Long}}$$

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

$$S = \frac{937 \text{ msnm} - 57 \text{ msnm}}{26,792 \text{ m}} = 0.0328 \text{ m/m} \qquad S = \frac{400 \text{ msnm} - 57 \text{ msnm}}{25,646 \text{ m}} = 0.0134 \text{ m/m}$$

Pendiente	S (m/m)	S (%)
Cuenca	0.0328	3.28
Cauce Principal	0.0134	1.34

Tabla 5. Pendiente

El área de la sub-cuenca III se extiende de norte a sur con una mayor concentración de área al sur de esta. Según la fórmula del *Índice de Gravelius* o *Coeficiente de Compacidad*, cuanto más irregular sea la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad:

$$IG = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}} = 0.282 \frac{72.26 \text{ km}}{\sqrt{120.54 \text{ km}^2}} = 1.84$$

IG: 1-1.25 (Cuenca Redonda); 1.25-1.5 (Cuenca ovalada); 1.50-3 (Cuenca alargada), siendo aplicable este último caso a la subcuenca III, por tanto el agua discurre por un solo cauce principal. [Fuente: Llamas, J., "Hidrología General: Principios y Aplicaciones. 1993].

Resumen Meteorológico Diario		
Estación: AEROPUERTO INTERNACIONAL	Latitud: 12° 08' 36" N	
MANAGUA / MANAGUA	Longitud: 86° 09' 49" W	
Código: 69 027	Elevación: 56 msnm	
Año: 1998	Tipo: HMP	
Parámetro: precipitación (mm)		
	Día	Precipitación
	26	34.80
	27	14.10
	28	99.70
	29	95.70
	30	91.00
	31	35.40

Tabla 6. Datos de Precipitación

Los registros de precipitación fueron facilitados por el Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER).

3.2 Tipo y uso del suelo

El tipo de suelo de la sub-cuenca III, fue verificado por medio de 35 sondeos manuales distribuidos en toda el área de estudio. Cada muestra fue analizada en el *Laboratorio de Materiales y Suelos de la Universidad Nacional de Ingeniería UNI-RUPAP*. Se realizó el análisis granulométrico, porcentaje de humedad, límite líquido y plástico para poder determinar el tipo de suelo con la ayuda de las tablas de clasificación de suelos SUCS. Ver anexo 4.

La localización de los puntos y sus coordenadas se determinaron con ayuda del Programa ArcView GIS 3.3. La ubicación de las coordenadas in situ se realizaron con ayuda de imágenes de Google Earth y con GPS.

La siguiente gráfica muestra la ubicación de los sondeos en Google Earth y ArcView GIS 3.3, las coordenadas del sitio y los diferentes tipos de suelos del sondeo. Ver anexo 3.



Figura 26. Sondeo Manual

En la sub-cuenca III predominan dos tipos de suelos: Francos arenosos y francos arcillosos. El tipo de suelo se muestra en la figura 27:

Tipo de Suelo	ÁREA (km2)	TOTAL %
Franco Arenoso	55.55	46
Franco Arcilloso	64.69	54

Tabla 7. Tipo de suelo

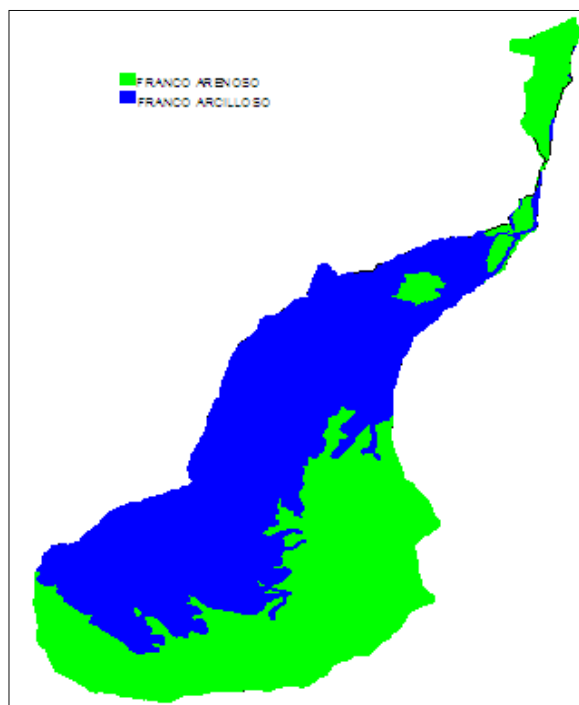


Figura 27. Tipo de Suelo

La alcaldía de Managua elaboró un mapa de uso del suelo actualizado de la sub-cuenca III en el año 2008 (Se hacer referencia en los antecedentes de esta investigación), siendo el estudio más completo y reciente, se tomó como mapa base. Ver figura 28 y Anexo 5.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

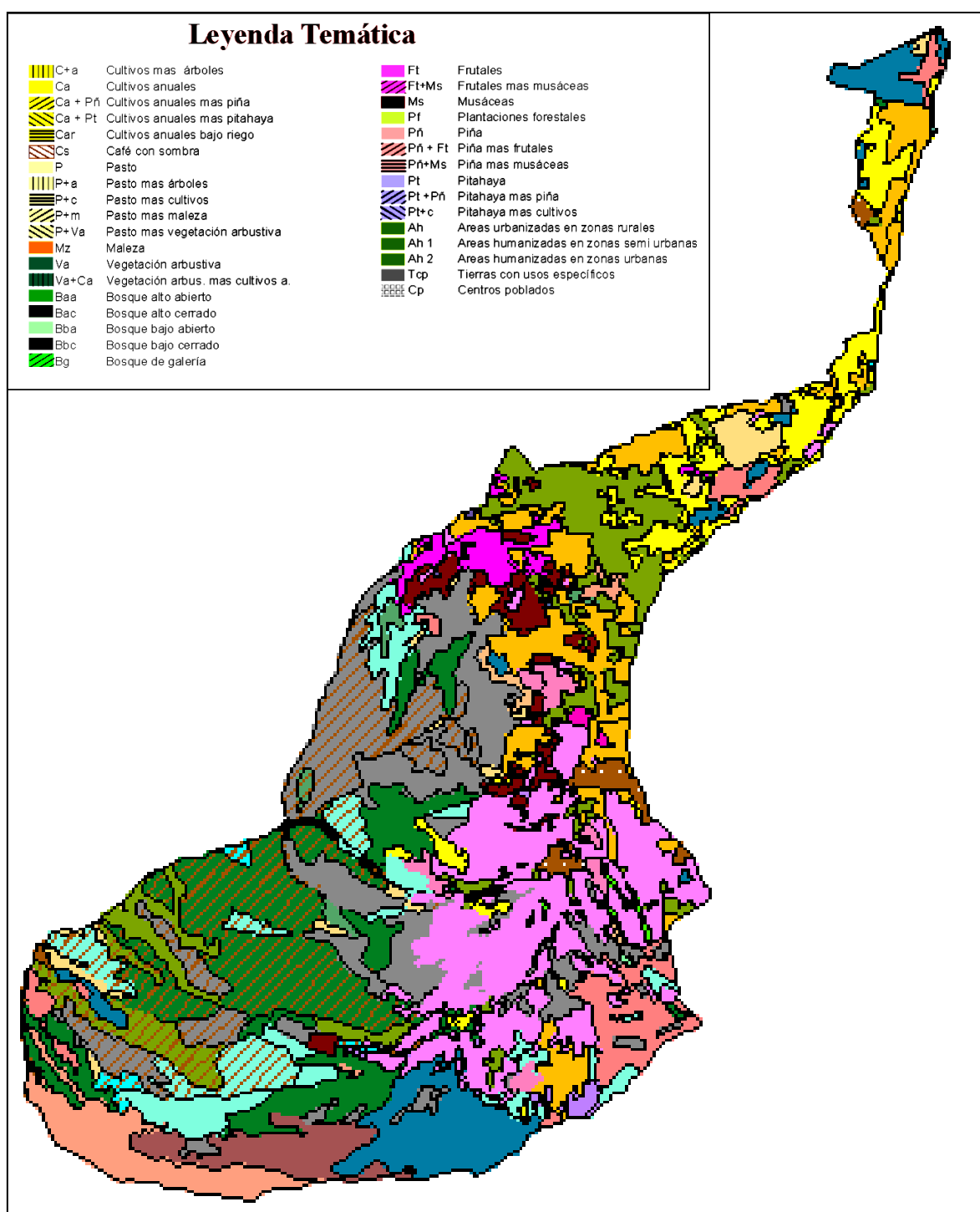


Figura 28. Mapa de Uso de Suelo

Estudio Agroecológico y Drenaje Pluvial de la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua. Consultoría COWI-CABAL para Alcaldía de Managua y Banco Interamericano de Desarrollo.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

Una vez determinado el tipo y uso de suelo, se calculó el Número de Curva de cada microcuenca utilizando las tablas especificadas en el capítulo II. Ver anexo 6. A continuación se muestra como ejemplo, el cálculo para la microcuenca 3002:

Microcuenca 3002	AREA TOTAL	%	GRUPO B			GRUPO C		
Uso de Suelo			% TIPO B	CN	PRODUCTO	% TIPO C	CN	PRODUCTO
Maleza	0.375	33.01	30.37	79	2399.21	2.64	86	227.11
Bosque bajo abierto	0.02	1.76	1.62	66	106.90	0.14	77	10.85
Cultivos anuales	0.707	62.24	57.26	81	4637.82	4.98	88	438.14
TOTAL		97.01	89.25	226.00	7143.93	7.76	251.00	676.10

Tabla 8. Cálculo del Número de Curva

$$CN : \frac{7143.93 + 676.10}{100} = 78$$

MICROCUEENCA	CN
3002	78
3003	56
3004	70
3011	67
3012	75
3013	73
3014	67
3015	62
3016	65
3017	70
3018	71
3019	71
3020	70

Tabla 9. Números de curva para cada microcuenca

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

Del uso de suelo se determinó el área impermeable, tomada como el 100% del área urbanizada y/o poblada. Así también se calculó para cada microcuenca el valor de la abstracción inicial.

Subbasin	Initial Abstraction (MM)	Curve Number	Impervious (%)
SC-3002	14.33	78	2.99
SC-3003	39.91	56	31.08
SC-3004	22.82	69	4.38
SC-3011	25.02	67	13.54
SC-3012	16.93	75	7.68
SC-3013	18.79	73	0.23
SC-3014	25.02	67	12.59
SC-3015	31.14	62	1.03
SC-3016	27.35	65	1.29
SC-3017	21.77	70	0.12
SC-3018	20.75	71	0.0
SC-3019	20.75	71	0.83
SC-3020	22.82	69	5.75

Figura 29. Método de pérdida, datos del Número de Curva

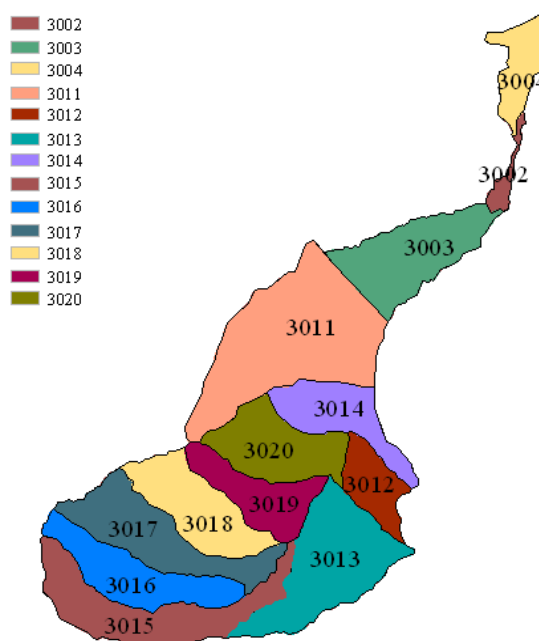


Figura 30. Microcuencas de la Subcuenca III

3.3 Aplicación del Programa HEC-HMS 3.2

Para el cálculo de los caudales de escorrentía de las micro-cuenca y el cauce principal de la sub-cuenca III se utilizó el programa HEC-HMS 3.2. Además el programa brinda el caudal pico y los hidrogramas de tránsito en cada elemento del modelo de la cuenca.

El modelo base de la sub-cuenca III se compone de trece microcuencas, siete tramos de cauces y el punto de cierre (Puente carretera norte).

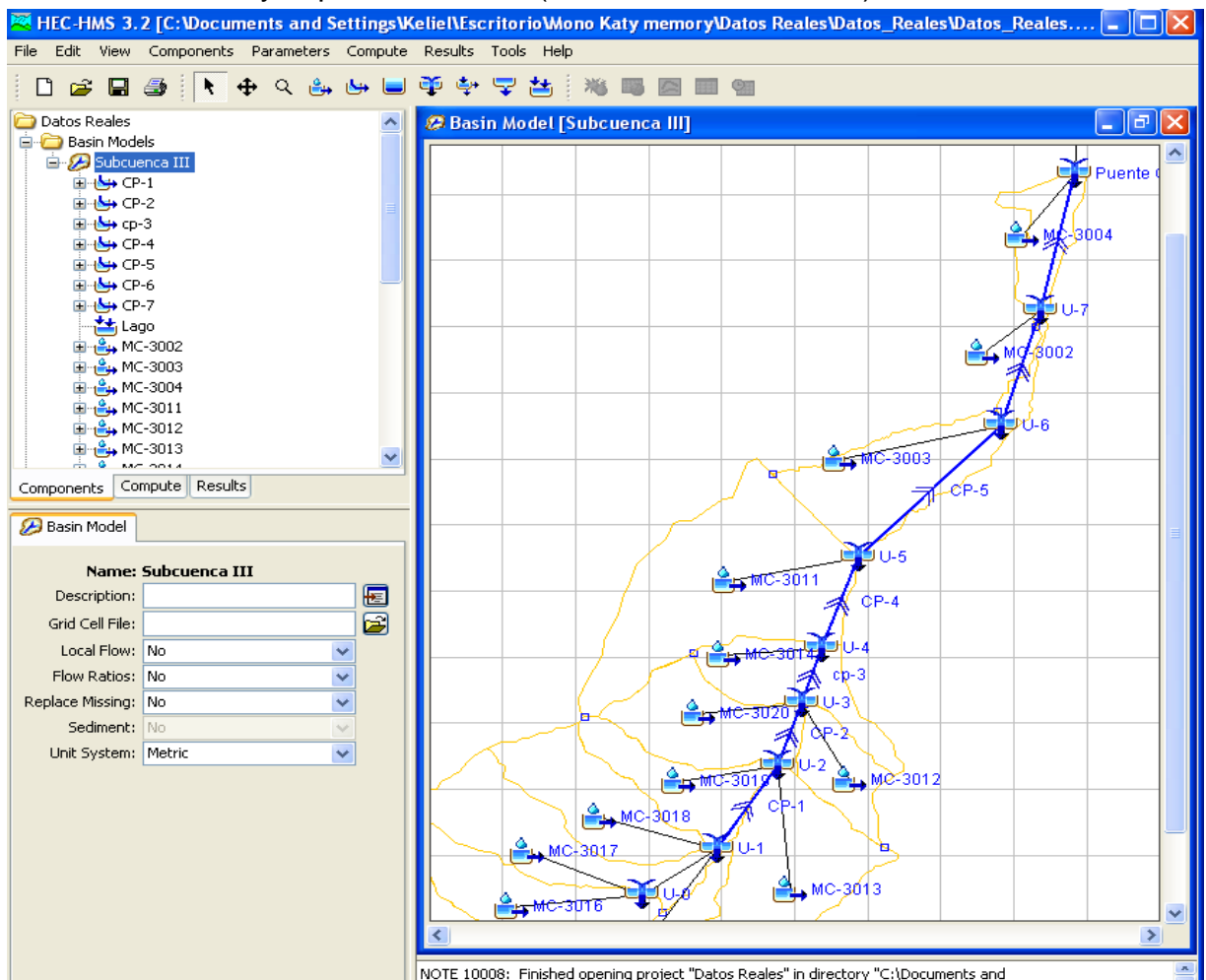


Figura 31. Modelación Hidrológica de la Subcuenca III de la Cuenca Sur del Lago de Managua.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

Como datos primarios se introducen los valores de las **áreas de las microcuencas** en el modelo. Además el programa pide determinar los métodos a usar para el análisis hidrológico de la cuenca.

- 1- *Métodos de Pérdida*
- 2- *Métodos de la Transformada*
- 3- *Métodos de Flujo Base*

Para el método de **Pérdida** se usó el método del Número de Curva. El método del número de curva toma en cuenta la *abstracción inicial*, el valor del *número de curva* y el porcentaje del *área impermeable*. El número de curva compuesto no incluye el área impermeable.

En el método de **Transformación** de lluvia a escorrentía se utilizó el método del Hidrograma Unitario, el cual pide únicamente el *Tiempo de Retardo*.

No se utilizó método para flujo base en nuestra cuenca por lo cual se seleccionó la opción **none**.

Los datos ingresados se muestran a continuación:

Sub Cuenca		Método de Perdida			Método Transformada
Microcuencas	Área Km2	Abs. Inicial	CN	% Imp.	Tiempo Retardo
MC-3002	1,14	14,33	78	1,95	19,80
MC-3003	10,42	39,91	56	20,20	23,45
MC-3004	4,43	21,77	70	2,85	22,19
MC-3011	22,57	25,02	67	8,80	27,28
MC-3012	4,47	16,93	75	4,99	14,71
MC-3013	13,7	18,79	73	0,15	20,84

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

MC-3014	7,17	25,02	67	8,18	9,96
MC-3015	11,93	31,14	62	0,67	27,10
MC-3016	8,84	27,35	65	0,84	20,55
MC-3017	11,03	21,77	70	0,08	19,31
MC-3018	9,03	20,75	71	0,0	14,05
MC-3019	6,73	20,75	71	0,54	13,27
MC-3020	8,87	22,82	69	3,73	13,71

Tabla 10. Datos ingresados en el HEC-HMS 3.2 en el modelo de Cuenca.

El Cauce principal se dividió en siete tramos y el método de ruta que se utilizará será el Método de **Muskingum**. El método requiere los valores de las constantes K y X y el número de subtramos que se conectan aguas arriba de los tramos del cauce principal.

Los datos de los tramos del cauce principal se muestran a continuación:

Muskingum Routing [Subcuenca III]			
Show Elements: <input type="text" value="All Elements"/>			
Reach	Muskingum K (HR)	Muskingum X	Number of Subreaches
CP-1	0.17	0.2	1
CP-2	0.26	0.2	4
CP-3	0.14	0.2	3
CP-4	0.14	0.2	3
CP-5	0.25	0.2	2
CP-6	0.39	0.2	2
CP-7	0.32	0.2	2
CP-8	0.40	0.2	2

Figura 32. Método de Ruta. Muskingum

El **modelo meteorológico** representa la manera en que reacciona la cuenca ante una precipitación y se compone de los datos de precipitación, evapotranspiración, nieve y las respectivas unidades en que serán procesados los datos.

El cálculo de la precipitación se realizó con el método del Hietograma. No hay datos de evapotranspiración y tampoco de nieves. La unidad de medida será en metros.

Para los datos de precipitación se usó la estación Augusto Cesar Sandino y se tomó la tormenta del 1998 de octubre donde se dio el fenómeno del Huracán Mitch.

A través de las **especificaciones de control** se indican los tiempos de simulación y optimización.

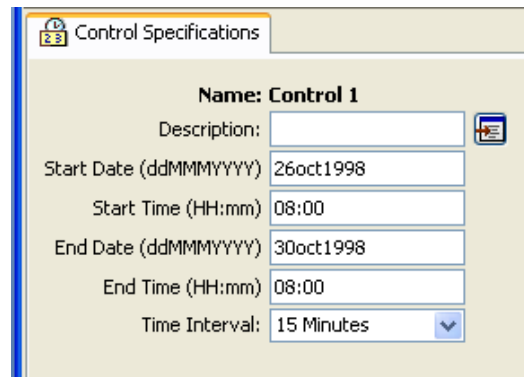


Figura 33. Especificaciones de Control

-Administrador de los datos de series de tiempo

Se evaluó la tormenta a partir del día 24 Octubre 1998 hasta el 30 Octubre del mismo año con el objetivo de evaluar antes y después las precipitaciones caídas. El análisis se realizó para cada cinco minutos. Los datos del pluviógrafo fueron

ingresados en este componente. Las tablas de resultados se encuentran en el anexo 7.

3.4 Aplicación del programa hidráulico HEC-RAS 4.1

Se usó el programa para analizar el comportamiento del caudal en el tramo del cauce principal que atraviesa el puente en carretera norte ubicado a 1 km al este del aeropuerto Augusto Cesar Sandino. Cabe destacar que este puente es el punto de cierre de la subcuenca en estudio.

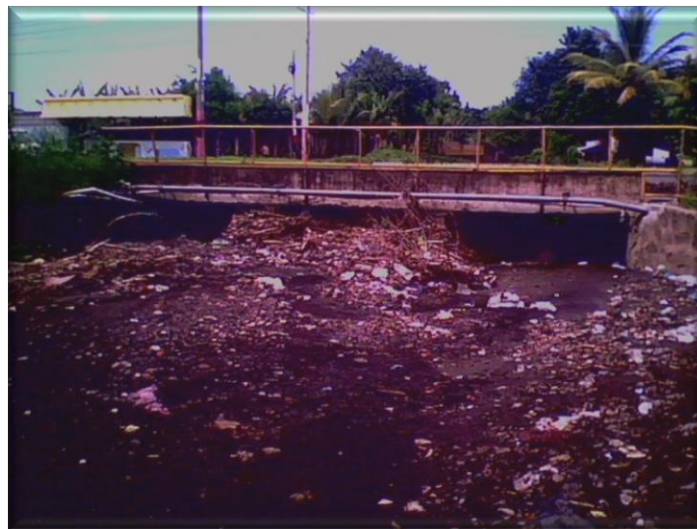


Figura 34. Fotos del Puente Carretera Norte.

3.4.1 Datos geométricos

El programa requiere modelar los perfiles del tramo del cauce. Se ingresaron dieciséis estaciones las cuales se muestran en el anexo 8. A continuación en la figura 35 se muestra un ejemplo.

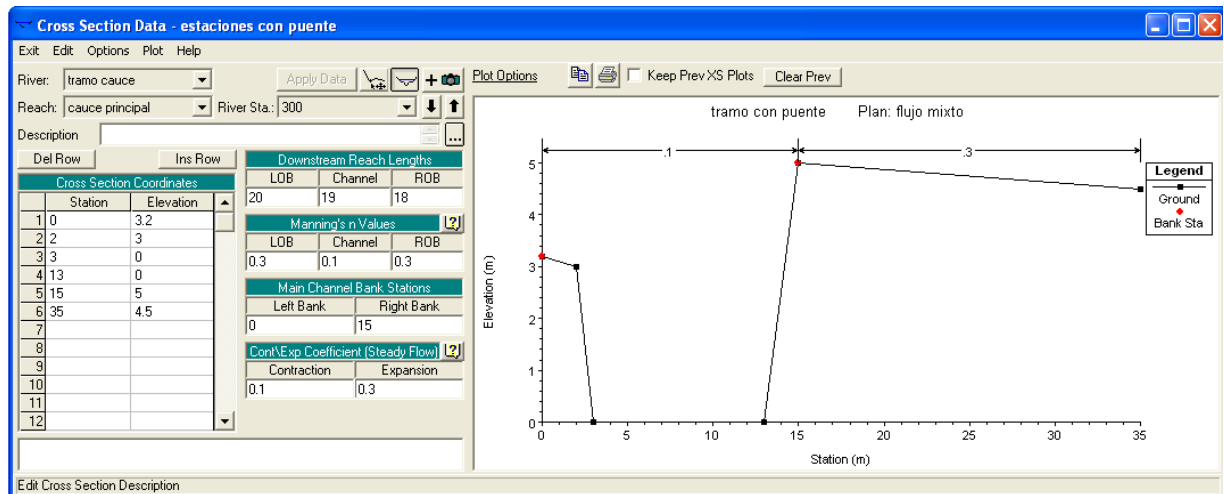


Figura 35. Sección transversal de una estación.

Además de los datos de las estaciones y las elevaciones de los puntos de la sección, el programa requiere ingresar datos de longitud del cauce aguas abajo, en los márgenes derecho e izquierdo y el cauce como tal. También pide datos de los coeficientes de manning y los puntos que servirán de límite para la inundación.

Otro dato importante es el ingreso de los coeficientes de contracción y expansión. Para puentes, los coeficientes son 0.3 y 0.5 respectivamente. Las estaciones ingresadas se muestran en la ventana gráfica de datos geométricos del programa.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

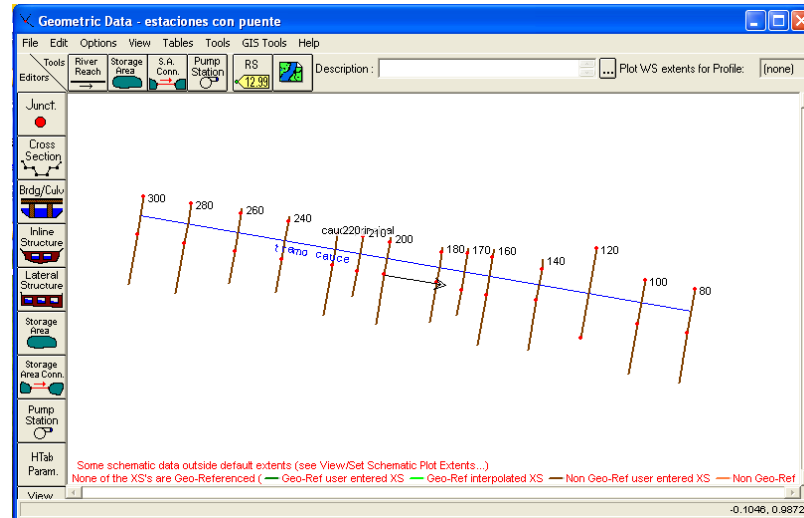


Figura 36. Perfiles ingresados al programa.

El modelo del puente se debe ingresar al programa. El puente tiene un ancho de 11.37 m. Tiene dos pilas de 20cm de espesor. No tiene estribos.



Figura 37. Foto del puente carretera norte, lleno de sedimentos y arrastres.

La imagen muestra una gran cantidad de sedimentos que han sido arrastrados en la temporada de lluvias. Para este caso se modelará el puente con las medidas reales. La profundidad del puente se tomará asumiendo que no tiene sedimentos.

Se ingresaron los datos geométricos del puente y de las pilas.

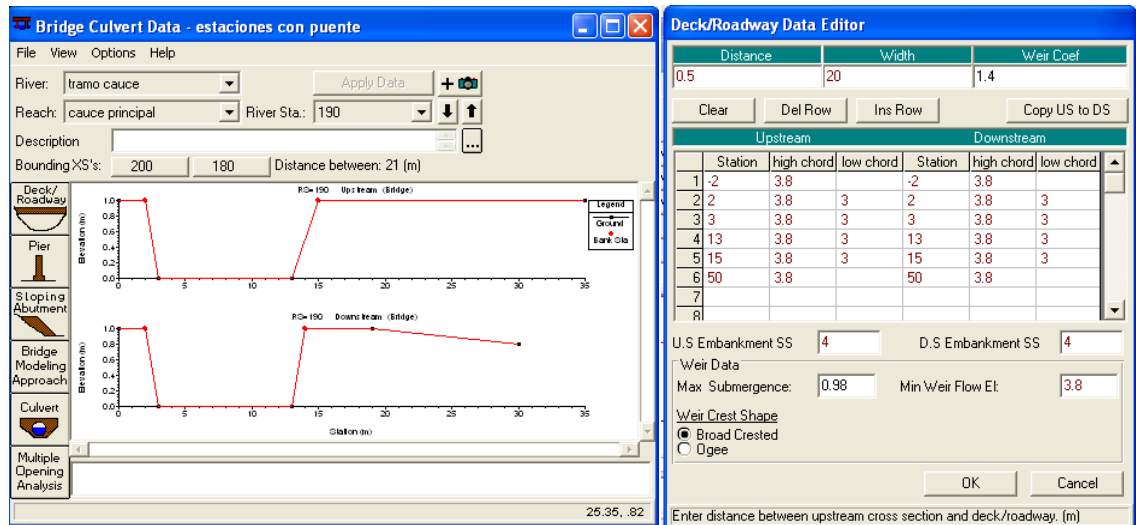


Figura 38. Datos geométricos del puente.

En la siguiente gráfica se observa una sección del puente y las pilas. El programa muestra la sección aguas arriba y aguas abajo del puente.

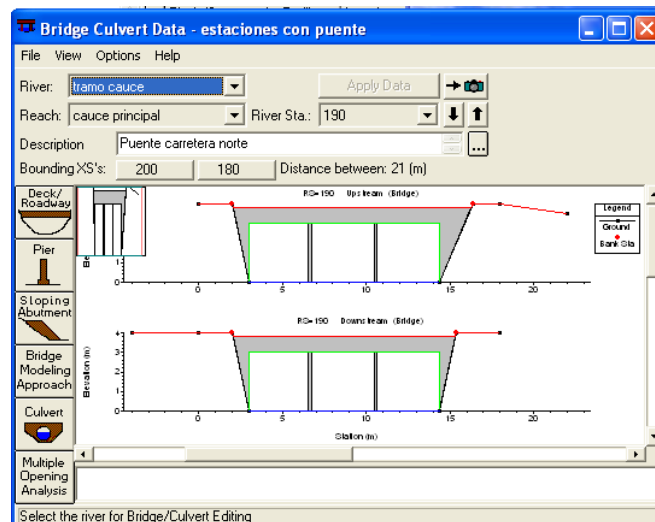


Figura 39. Modelación del Puente.

También se ingresaron todas las secciones del tramo antes y después del puente.

3.4.2 Datos hidráulicos

Para el ingreso de los datos del flujo se usaron 19 perfiles, (Ver tabla 11). Los perfiles pueden ser tomados como evaluaciones de eventos con diferentes periodos de retorno, donde el caudal es el factor determinante en los niveles de agua en la sección de control. En este caso estos 19 perfiles representan los caudales generados por la misma tormenta de diseño en función del tiempo.

Perfil	Caudal (m ³ /s)
PF1	1.00
PF2	3.00
PF3	5.00
PF4	10.00
PF5	20.00
PF6	40.00
PF7	60.00
PF8	80.00
PF9	100.00
PF10	115.13
PF11	100.00
PF12	80.00
PF13	60.00
PF14	40.00
PF15	20.00
PF16	10.00
PF17	5.00
PF18	3.00
PF19	1.00

Tabla No . 11 Perfiles de flujo

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

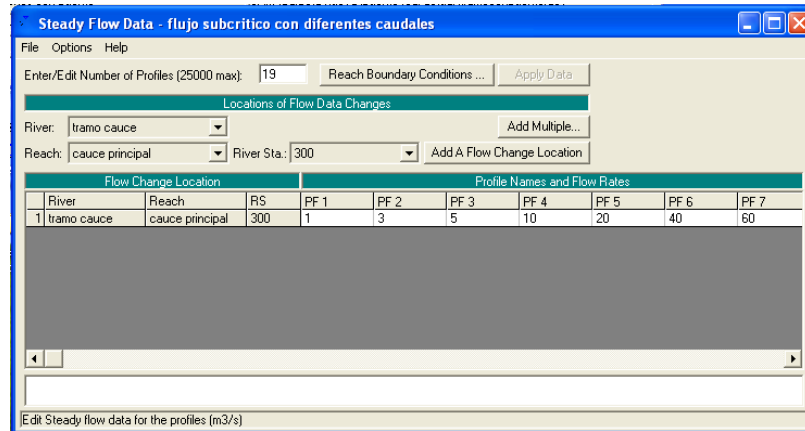


Figura 40. Ingreso de perfiles de diseño.

El flujo considerado es subcrítico, solamente se ingresaron las condiciones de aguas abajo, donde usaremos la pendiente en el análisis.

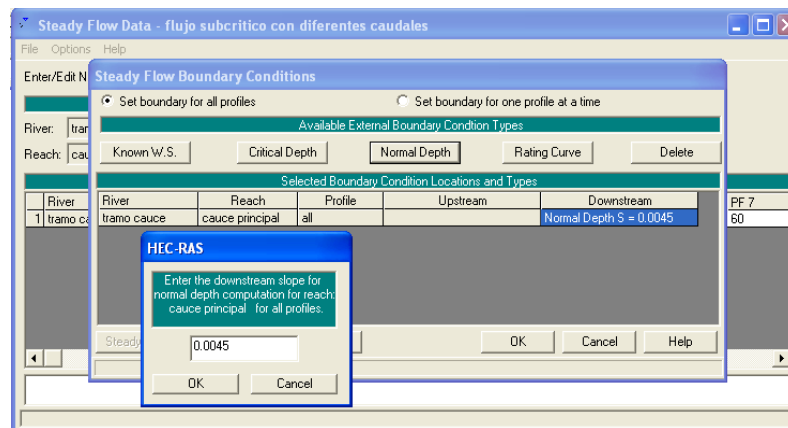


Figura 41. Ingreso de las condiciones de contorno.

La simulación permite conocer el comportamiento de esta tormenta en el tramo analizado. La simulación no presentó errores.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

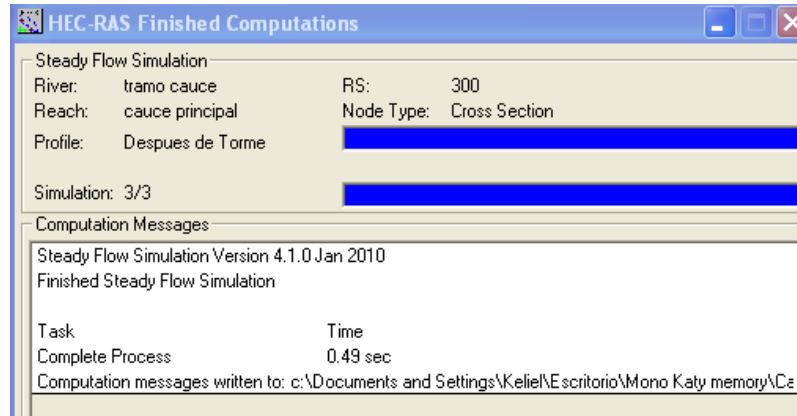


Figura 42. Ventana de finalización de simulación

3.4.3 Resultados de la simulación

Los resultados de la simulación se muestran en las siguientes gráficas y tablas:

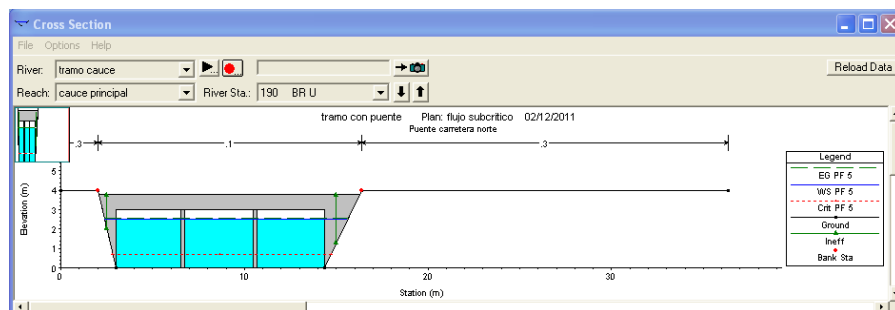


Figura 43. Sección transversal del puente, Estación 190, PF5 caudal $20\text{m}^3/\text{s}$

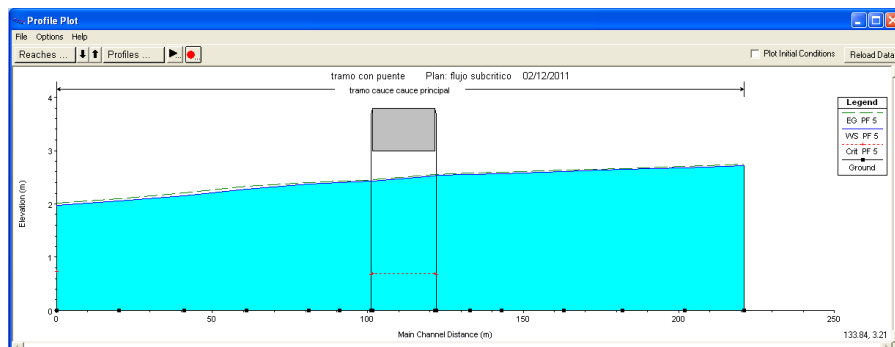


Figura 44. Perfil del flujo en canal abierto, PF5 caudal $20\text{m}^3/\text{s}$

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

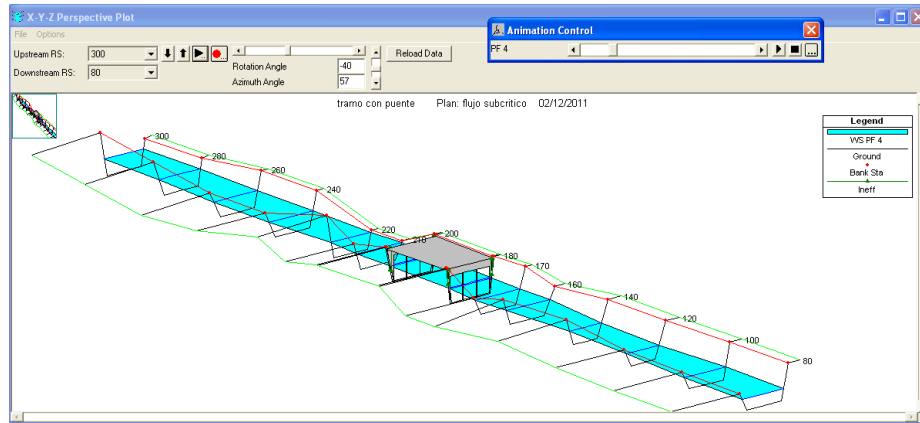


Figura 45. Perfil del flujo en canal abierto, PF4 caudal 10m³/s

Bridge Output				
File Type Options Help				
River:	tramo cauce	Profile:	PF 4	
Reach:	cauce principal	RS:	190	Plan: flujo subcrítico
Plan: flujo subcrítico tramo cauce cauce principal RS: 190 Profile: PF 4				
E.G. US. (m)	1.78	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	1.77	E.G. Elev (m)	1.78	1.71
Q Total (m ³ /s)	10.00	W.S. Elev (m)	1.77	1.70
Q Bridge (m ³ /s)	10.00	Crit W.S. (m)	0.44	0.44
Q Weir (m ³ /s)		Max Chl Dpth (m)	1.77	1.70
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	0.52	0.53
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m ²)	19.41	18.69
Weir Submerg		Froude # Chl	0.12	0.13
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m ³)	17.67	16.44
Min El Weir Flow (m)	3.80	Hydr Depth (m)	1.77	1.70
Min El Prs (m)	3.00	W.P. Total (m)	21.57	21.18
Delta EG (m)	0.07	Conv. Total (m ³ /s)	181.0	172.0
Delta WS (m)	0.07	Top Width (m)	10.98	10.99
BR Open Area (m ²)	32.96	Frictn Loss (m)	0.06	0.00
BR Open Vel (m/s)	0.53	C & E Loss (m)	0.00	0.00
Coef of Q		Shear Total (N/m ²)	26.95	29.25
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00
Errors, Warnings and Notes				
Note:	Multiple critical depths were found at this location. The critical depth with the lowest, valid, water surface was used.			
Note:	Multiple critical depths were found at this location. The critical depth with the lowest, valid, water surface was used.			
Select Profile				

Figura 46. Datos de salida, PF4 caudal 10m³/s

Se observa que el número de Froude es 0.12, por lo cual el flujo es subcrítico. En el caso del caudal máximo del evento en estudio $Q = 115.13 \text{ m}^3/\text{s}$ el puente queda totalmente sumergido, por lo que funciona como un vertedero.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

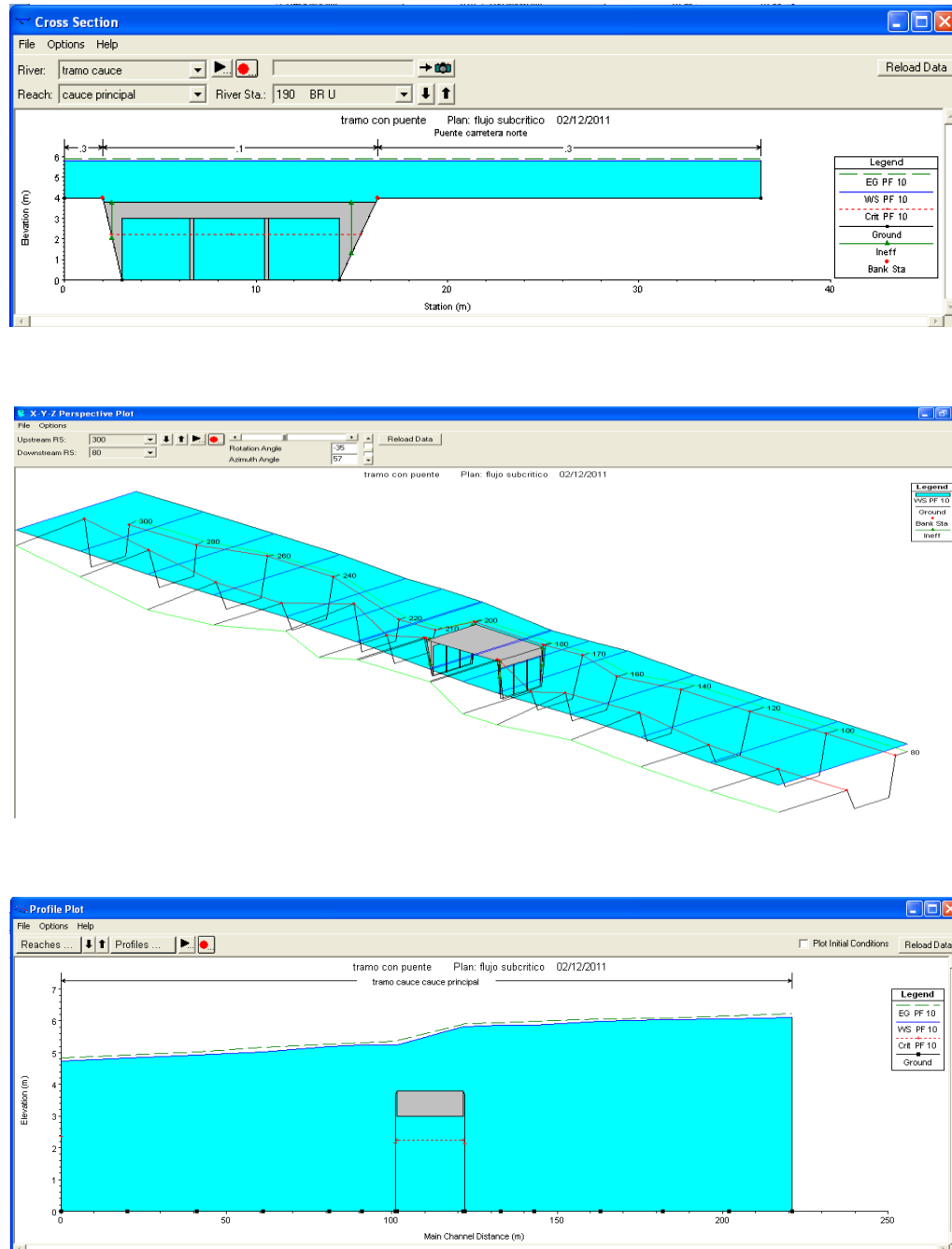


Figura 47. Datos de Sección, vista 3D y perfil PF10 caudal $115.130 \text{ m}^3/\text{s}$

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

La simulación en el HEC-HMS 3.2, consiste en determinar el factor que tiene mayor incidencia en el comportamiento del hidrograma de salida de la sub-cuenca III, ya sea el tránsito o el número de curva en cada microcuenca, mediante tanteos, tomando en cuenta el área impermeable.

4.1. Condición de escurrimiento actual

Se analizó la sub-cuenca III según el tipo y uso de suelo estudiado, obteniéndose como resultado los siguientes números de curva y porcentajes impermeables:

MICROCUENCA	CN	% Impermeable
3002	78	2.99
3003	56	31.08
3004	69	4.38
3011	67	13.54
3012	75	7.68
3013	73	0.23
3014	67	12.59
3015	62	1.03
3016	65	1.29
3017	70	0.12
3018	71	0.00
3019	71	0.83
3020	69	5.75

Tabla 12. Número de curva y porcentaje impermeable de las microcuencas.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

Los resultados obtenidos de la simulación en el HEC-HMS 3.2 son los siguientes:

Elemento Hidrológico	Caudal Pico (m3/s)	Elemento Hidrológico	Caudal Pico (m3/s)
CP-1	8.28	SC-3002	1.17
CP-2	38.65	SC-3003	9.54
CP-3	58.72	SC-3004	4.28
CP-4	71.77	SC-3011	21.74
CP-5	78.65	SC-3012	4.52
CP-6	100.35	SC-3013	13.52
CP-7	109.82	SC-3014	6.91
CP-8	110.91	SC-3015	10.88
U-1	38.66	SC-3016	8.28
U-2	58.73	SC-3017	10.69
U-3	71.78	SC-3018	8.81
U-4	78.67	SC-3019	6.57
U-5	100.38	SC-3020	8.59
U-6	109.84	LAGO	115.13
U-7	110.94	Puente	115.13

Tabla 13. Caudal Pico de cada elemento.

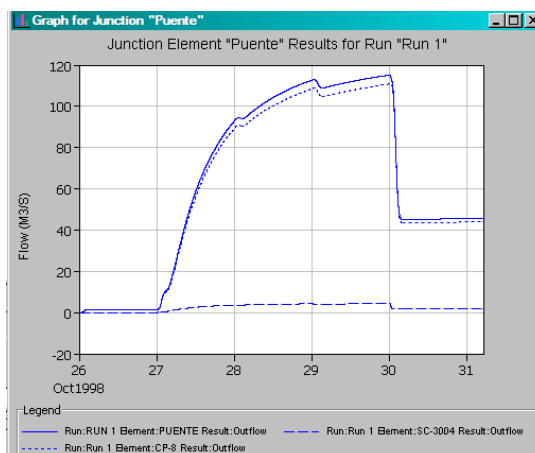


Figura 48. Hidrograma de Salida del Puente Carretera Norte.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

Se observa que el hidrograma del tránsito es el que tiene mayor incidencia en el caudal generado; el aporte de la microcuenca es mínimo y por ende el número de curva no es un factor determinante.

Sin embargo se realizaron tanteos, con la variable del porcentaje impermeable en cada microcuenca para verificar el comportamiento con diferentes escenarios. Variando el uso del suelo para poder variar la impermeabilidad del suelo.

4.2 Condición para diferentes escenarios

Escenario 1

Se realizó el tanteo con un 20% de área impermeable en cada subcuenca de manera alterna:

.-Microcuenca 3004:

MICROCUENCA	AREA	Abs. Inicial	CN	% Impermeable
3004	4.43	25.02	67	20.18

Tabla 14. Datos del escenario 1, microcuenca 3004

Resultado de tanteo 1:

Elemento	Caudal Pico	Elemento	Caudal Pico
Hidrológico	(m3/s)	Hidrológico	(m3/s)
CP-1	8.28	SC-3015	10.88
CP-2	38.65	SC-3016	8.28
CP-3	58.72	SC-3017	10.69
CP-4	71.77	SC-3018	8.81
CP-5	78.65	SC-3019	6.57
CP-6	100.35	SC-3020	8.59

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

CP-7	109.82	U-1	38.66
CP-8	110.91	U-2	58.73
SC-3002	1.17	U-3	71.78
SC-3003	9.54	U-4	78.67
SC-3004	4.3	U-5	100.38
SC-3011	21.74	U-6	109.84
SC-3012	4.52	U-7	110.94
SC-3013	13.52	LAGO	115.15
SC-3014	6.91	Puente	115.15

Tabla 15. Resultados del escenario 1, microcuenca 3004

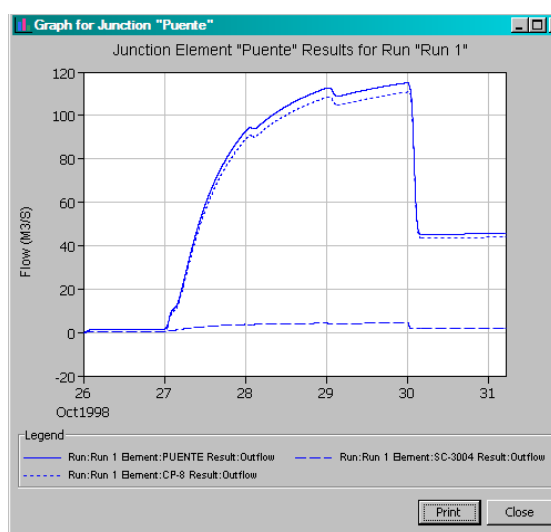


Figura 49. Hidrograma de salida del puente carretera Norte, escenario 1, microcuenca3004

.-Microcuenca 3002

MICROCUEENCA	AREA	la	CN	% Impermeable
3002	1.14	28.58	64	20.60

Tabla 16. Datos del escenario 1, microcuenca 3002

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

Resultado de tanteo 2:

Elemento Hidrológico	Caudal Pico (m3/s)	Elemento Hidrológico	Caudal Pico (m3/s)
CP-1	8.28	SC-3015	10.88
CP-2	38.65	SC-3016	8.28
CP-3	58.72	SC-3017	10.69
CP-4	71.77	SC-3018	8.81
CP-5	78.65	SC-3019	6.57
CP-6	100.35	SC-3020	8.59
CP-7	109.82	U-1	38.66
CP-8	110.84	U-2	58.73
SC-3002	1.09	U-3	71.78
SC-3003	9.54	U-4	78.67
SC-3004	4.3	U-5	100.38
SC-3011	21.74	U-6	109.84
SC-3012	4.52	U-7	110.87
SC-3013	13.52	LAGO	115.08
SC-3014	6.91	Puente	115.08

Tabla 17. Resultados del Escenario 1, microcuenca 3002

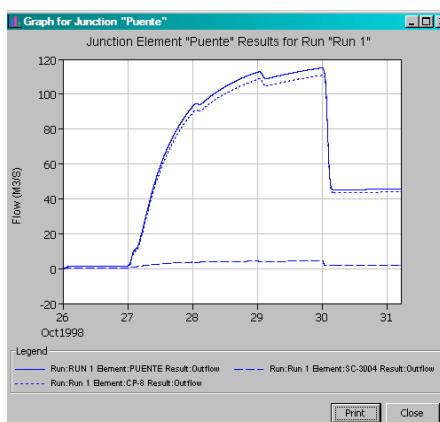


Figura 50. Hidrograma de salida del puente carretera Norte, escenario 1, microcuenca 3002.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

.-Microcuenca 3011

MICROCUENCA	AREA	Ia	CN	% Impermeable
3011	22.57	32.48	61	20.16

Tabla 18. Datos del escenario 1, microcuenca 3011.

Resultado de tanteo 3:

Elemento Hidrológico	Caudal Pico (m3/s)	Elemento Hidrológico	Caudal Pico (m3/s)
CP-1	8.28	SC-3015	10.88
CP-2	38.65	SC-3016	8.28
CP-3	58.72	SC-3017	10.69
CP-4	71.77	SC-3018	8.81
CP-5	78.65	SC-3019	6.57
CP-6	99.64	SC-3020	8.59
CP-7	109.11	U-1	38.66
CP-8	110.2	U-2	58.73
SC-3002	1.17	U-3	71.78
SC-3003	9.54	U-4	78.67
SC-3004	4.28	U-5	99.67
SC-3011	21.04	U-6	109.14
SC-3012	4.52	U-7	110.23
SC-3013	13.52	LAGO	114.42
SC-3014	6.91	Puente	114.42

Tabla 19. Resultados del tanteo 3, microcuenca 3011.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

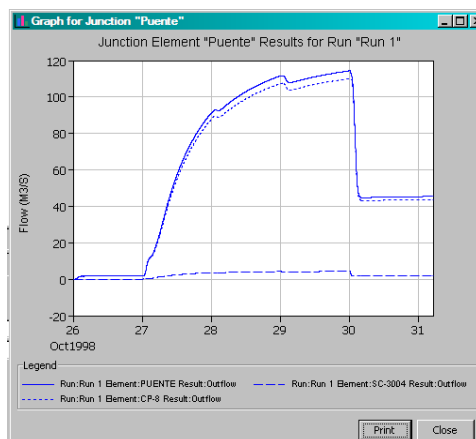


Figura 51. Hidrograma de salida del puente carretera norte, escenario 1, microcuenca 3011.

.-Microcuenca 3012

MICROCUENCA	AREA	Ia	CN	% Impermeable
3012	4.47	16.04	76	20.42

Tabla 20. Datos del escenario 1, microcuenca 3012

Resultado de tanteo 4:

Elemento Hidrológico	Caudal Pico (m3/s)	Elemento Hidrológico	Caudal Pico (m3/s)
CP-1	8.28	SC-3015	10.88
CP-2	38.65	SC-3016	8.28
CP-3	58.72	SC-3017	10.69
CP-4	71.82	SC-3018	8.81
CP-5	78.7	SC-3019	6.57
CP-6	100.39	SC-3020	8.59
CP-7	109.87	U-1	38.66
CP-8	110.96	U-2	58.73
SC-3002	1.17	U-3	71.83

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

SC-3003	9.54	U-4	78.72
SC-3004	4.28	U-5	100.43
SC-3011	21.74	U-6	109.89
SC-3012	4.61	U-7	110.99
SC-3013	13.52	LAGO	115.18
SC-3014	6.91	Puente	115.18

Tabla 21. Resultados del escenario 1, microcuenca 3012.

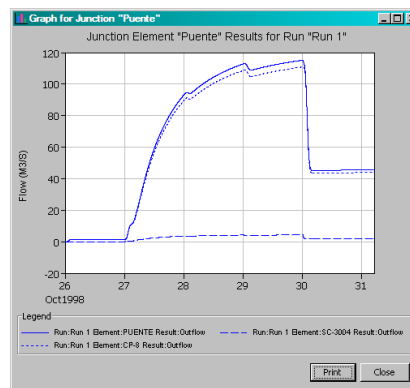


Figura 52. Hidrograma de salida del puente carretera Norte, escenario 1, microcuenca 3012.

En los cuatro tanteos anteriores, realizados a cuatro microcuencas con características diferentes se observa que el hidrograma de tránsito continua siendo el factor determinante, debido a que el aporte que realiza el caudal de la microcuenca al caudal transitado por el cauce es mínimo. No hay mucha variación en el caudal generado al variar el porcentaje impermeable, tampoco hay mucha variación al modificar el número de curva.

Debido al comportamiento observado, se plantea un escenario crítico con un porcentaje impermeable del 20% en todas las microcuencas.

.- Variación del % impermeable (Aprox. 20%). En las micro-cuencas 3002,3004, 3011 y 3012.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

MICROCUEENCA	AREA	la	CN	% Impermeable
3002	1.14	28.58	64	20.60
3003	10.42	39.91	56	31.08
3004	4.43	25.02	67	20.18
3011	22.57	32.48	61	20.16
3012	4.47	16.04	76	20.42
3013	13.7	18.79	73	0.23
3014	7.17	25.02	67	12.59
3015	11.93	31.14	62	1.03
3016	8.84	27.35	65	1.29
3017	11.03	21.77	70	0.12
3018	9.03	20.75	71	0.00
3019	6.73	20.75	71	0.83
3020	8.87	22.82	69	5.75

*Tabla 22. Datos del escenario 1
Variación de impermeabilidad en las micro-cuenas 3002, 3004, 3011 y 3012.*

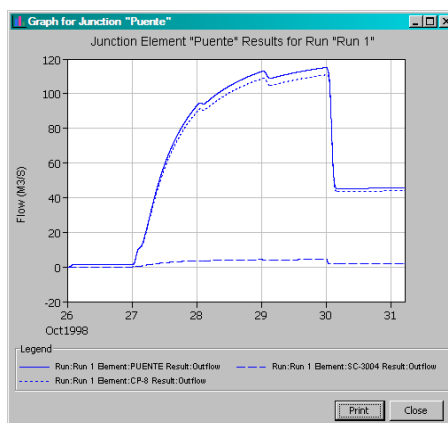


Figura 53. Hidrograma de salida del puente carretera norte.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

Resultados de tanteo 5:

Elemento Hidrológico	Caudal Pico (m3/s)	Elemento Hidrológico	Caudal Pico (m3/s)
CP-1	7.59	SC-3015	11.21
CP-2	36.56	SC-3016	7.59
CP-3	56.48	SC-3017	9.95
CP-4	69.2	SC-3018	7.83
CP-5	75.81	SC-3019	6.18
CP-6	96.8	SC-3020	8.21
CP-7	106.25	U-1	36.57
CP-8	107.26	U-2	56.49
SC-3002	1.09	U-3	69.21
SC-3003	9.54	U-4	75.84
SC-3004	4.3	U-5	96.83
SC-3011	21.04	U-6	106.28
SC-3012	4.61	U-7	107.3
SC-3013	13.94	LAGO	111.49
SC-3014	6.65	Puente	111.49

Tabla 23. Resultados del tanteo 5, escenario 1, Variación de impermeabilidad en todas la microcuencas.

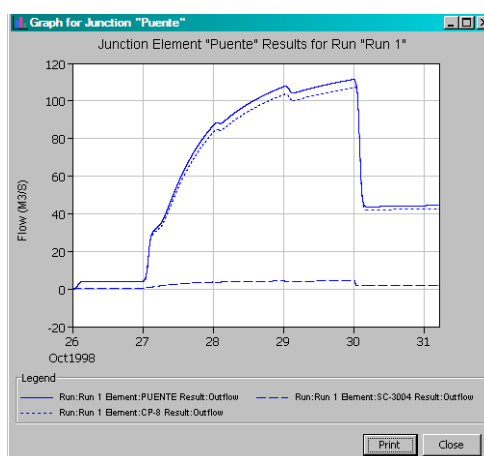


Figura 54. Hidrograma de Salida del Puente Carretera Norte.

*Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de
la Cuenca Sur de Managua*

Se puede observar que la sub-cuenca III, aún teniendo de promedio un porcentaje impermeable del 20%, no hay gran incidencia del aporte generado en cada microcuenca. Esto debido a que el aporte es muy pequeño en comparación con el caudal transitado por el cauce.

Escenario 2

Se realizó el tanteo con un 50% de área impermeable en algunas sub-cuencas de manera alterna:

.-Microcuenca 3004:

MICROCUENCA	AREA	la	CN	% Impermeable
3004	4.43	43.38	54	49.75

Tabla 24. Datos del escenario 2, microcuenca 3004.

Resultado de tanteo 1:

Elemento Hidrológico	Caudal Pico (m3/s)	Elemento Hidrológico	Caudal Pico (m3/s)
CP-1	8,3	SC-3015	10,9
CP-2	38,6	SC-3016	8,3
CP-3	58,7	SC-3017	10,7
CP-4	71,8	SC-3018	8,8
CP-5	78,7	SC-3019	6,6
CP-6	100,3	SC-3020	8,6
CP-7	109,8	U-1	38,7
CP-8	110,9	U-2	58,7
SC-3002	1,2	U-3	71,8
SC-3003	9,5	U-4	78,7

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

SC-3004	4,2	U-5	100,4
SC-3011	21,7	U-6	109,8
SC-3012	4,5	U-7	110,9
SC-3013	13,5	LAGO	115,0
SC-3014	6,9	Puente	115,0

Tabla 25. Resultados del tanteo 1, escenario 2, microcuenca 3004.

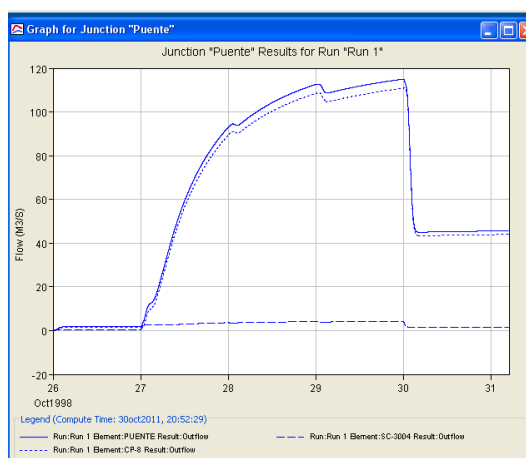


Figura 55. Hidrograma de salida del puente carretera Norte, Escenario 2, microcuenca 3004

.-Microcuenca 3002

MICROCUECNA	AREA	Ia	CN	% Impermeable
3002	1.14	76.20	40	50.46

Tabla 26. Datos del escenario 2, microcuenca 3002

Resultado de tanteo 2:

Elemento	Caudal Pico	Elemento	Caudal Pico
Hidrológico	(m3/s)	Hidrológico	(m3/s)
CP-1	8,3	SC-3015	10,9

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

CP-2	38,6	SC-3016	8,3
CP-3	58,7	SC-3017	10,7
CP-4	71,8	SC-3018	8,8
CP-5	78,7	SC-3019	6,6
CP-6	100,3	SC-3020	8,6
CP-7	109,8	U-1	38,7
CP-8	110,7	U-2	58,7
SC-3002	1,0	U-3	71,8
SC-3003	9,5	U-4	78,7
SC-3004	4,3	U-5	100,4
SC-3011	21,7	U-6	109,8
SC-3012	4,5	U-7	110,8
SC-3013	13,5	LAGO	114,9
SC-3014	6,9	Puente	114,9

Tabla 27. Resultados del tanteo 2, escenario 2, microcuenca 3002.

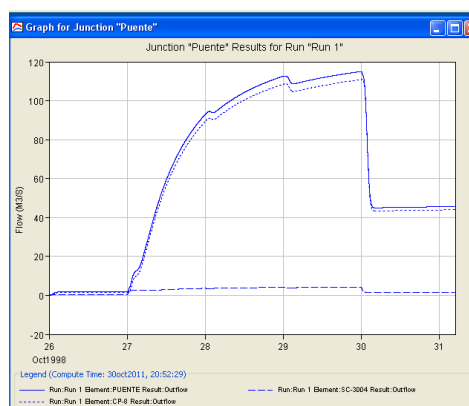


Figura 56. Hidrograma de salida del puente carretera norte.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

.-Microcuenca 3011

MICROCUENCA	AREA	la	CN	% Impermeable
3011	22.57	82.88	38	50.45

Tabla 28. Datos del escenario 2, microcuenca 3011.

Resultado de tanteo 3:

Elemento Hidrológico	Caudal Pico (m3/s)	Elemento Hidrológico	Caudal Pico (m3/s)
CP-1	8,3	SC-3015	10,9
CP-2	38,6	SC-3016	8,3
CP-3	58,7	SC-3017	10,7
CP-4	71,8	SC-3018	8,8
CP-5	78,7	SC-3019	6,6
CP-6	97,3	SC-3020	8,6
CP-7	106,7	U-1	38,7
CP-8	107,8	U-2	58,7
SC-3002	1,2	U-3	71,8
SC-3003	9,5	U-4	78,7
SC-3004	4,3	U-5	97,3
SC-3011	18,7	U-6	106,8
SC-3012	4,5	U-7	107,9
SC-3013	13,5	LAGO	112,0
SC-3014	6,9	Puente	112,0

Tabla 29. Resultados del tanteo 3, escenario 2, microcuenca 3011.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

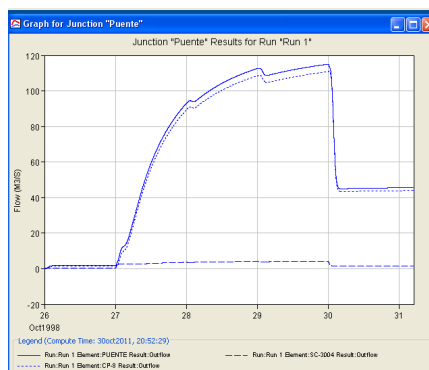


Figura 57. Hidrograma de salida del puente carretera norte, escenario 2, microcuenca 3011.

.-Microcuenca 3012

MICROCUENCA	AREA	la	CN	% Impermeable
3012	4.47	16.04	70	50.32

Tabla 30. Datos del escenario 2, microcuenca 3012.

Resultado de tanteo 4:

Elemento	Caudal Pico	Elemento	Caudal Pico
Hidrológico	(m3/s)	Hidrológico	(m3/s)
CP-1	8,3	SC-3015	10,9
CP-2	38,6	SC-3016	8,3
CP-3	58,7	SC-3017	10,7
CP-4	71,8	SC-3018	8,8
CP-5	78,7	SC-3019	6,6
CP-6	100,4	SC-3020	8,6
CP-7	109,9	U-1	38,7
CP-8	111,0	U-2	58,7
SC-3002	1,2	U-3	71,8
SC-3003	9,5	U-4	78,7

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

SC-3004	4,3	U-5	100,4
SC-3011	21,7	U-6	109,9
SC-3012	4,6	U-7	111,0
SC-3013	13,5	LAGO	115,2
SC-3014	6,9	Puente	115,2

Tabla 31. Resultados del tanteo 4, escenario 2, microcuenca 3012.

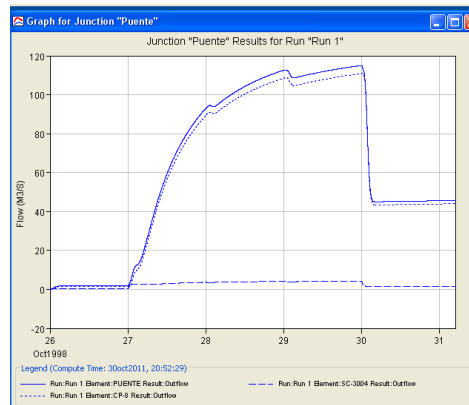


Figura 58. Hidrograma de Salida del Puente Carretera Norte, Escenario 2, microcuenca 3012.

En los cuatro tanteos anteriores, realizados a cuatro microcuencas con características diferentes se observó que el tránsito continúa siendo el factor determinante, no así el porcentaje impermeable y el número de curva.

El número de curva depende del tipo de suelo, el cual no se varió; también depende del uso del suelo, el cual al variarlo cambia el número de curva pero el caudal generado a la salida de la cuenca es casi el mismo. Esto puede ser debido a la intensidad de la tormenta, que es una tormenta de gran intensidad y de larga duración.

Debido al comportamiento observado, se planteó un escenario crítico con un porcentaje impermeable del 50% en todas las microcuencas.

Escenario 3

Se plantea un escenario supercrítico, considerando que la sub-cuenca III tiene en promedio un porcentaje impermeable del 50%.

MICROCUEENCA	AREA	CN	%	la
Impermeable				
3002	1.14	78	50,46	14.33
3003	10.42	40	50,28	76.20
3004	4.43	40	50,32	76.20
3011	22.57	38	50,45	82.88
3012	4.47	70	49,82	21.77
3013	13.7	67	49,55	25.02
3014	7.17	36	50,26	90.31
3015	11.93	63	50,34	29.83
3016	8.84	34	50,06	98.61
3017	11.03	38	50,13	82.88
3018	9.03	28	49,95	130.63
3019	6.73	34	49,87	98.61
3020	8.87	34	50,14	98.61

Tabla 32. Datos del Escenario 3.

.-Resultados de la simulación

Elemento	Caudal Pico	Elemento	Caudal Pico
Hidrológico	(m3/s)	Hidrológico	(m3/s)
CP-1	7,0	SC-3015	11,8
CP-2	34,3	SC-3016	7,0
CP-3	53,3	SC-3017	9,1
CP-4	64,8	SC-3018	6,5
CP-5	70,6	SC-3019	5,3

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

CP-6	89,2	SC-3020	7,0
CP-7	97,9	U-1	34,3
CP-8	99,0	U-2	53,3
SC-3002	1,2	U-3	64,8
SC-3003	8,8	U-4	70,6
SC-3004	3,7	U-5	89,2
SC-3011	18,7	U-6	97,9
SC-3012	4,6	U-7	99,0
SC-3013	13,9	LAGO	102,6
SC-3014	5,8	Puente	102,6

Tabla 33. Resultados del Escenario 3.

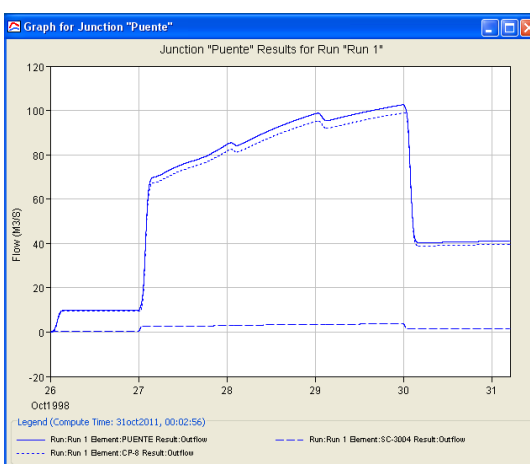


Figura 59. Hidrograma de Salida del Puente Carretera Norte.

Se observa que el tránsito tiene mayor incidencia en el hidrograma generado en la sub-cuenca III, aún en un escenario supercrítico.

Escenario 4

Se realizó un escenario supercrítico, considerando que la sub-cuenca III tiene en promedio un porcentaje impermeable del 80%.

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

MICROCUENCA	AREA	la	CN	% Impermeable
3002	1.14	280.63	15	80.91
3003	10.42	255.67	17	80.51
3004	4.43	56.10	48	80.63
3011	22.57	246.32	17	80.28
3012	4.47	22.31	69	80.11
3013	13.7	12.41	80	80.14
3014	7.17	274.02	16	80.11
3015	11.93	23.82	68	80.11
3016	8.84	347.84	13	80.21
3017	11.03	306.29	14	80.23
3018	9.03	21.16	71	0.00
3019	6.73	324.39	14	80.66
3020	8.87	277.41	15	80.09

Tabla 34. Datos del Escenario 3.

.-Resultados de la simulación

Elemento	Caudal Pico	Elemento	Caudal Pico
Hidrológico	(m3/s)	Hidrológico	(m3/s)
CP-1	8.18	SC-3015	12.85
CP-2	39.18	SC-3016	8.18
CP-3	60.27	SC-3017	10.21
CP-4	73.28	SC-3018	8.81
CP-5	79.87	SC-3019	6.26
CP-6	100.72	SC-3020	8.2
CP-7	110.33	U-1	39.19
CP-8	111.36	U-2	60.28
SC-3002	1.06	U-3	73.29
SC-3003	9.68	U-4	79.89

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

SC-3004	4.51	U-5	100.75
SC-3011	20.91	U-6	110.35
SC-3012	4.84	U-7	111.38
SC-3013	15.33	LAGO	115.7
SC-3014	6.63	Puente	115.7

Tabla 35. Resultados del Escenario 3.

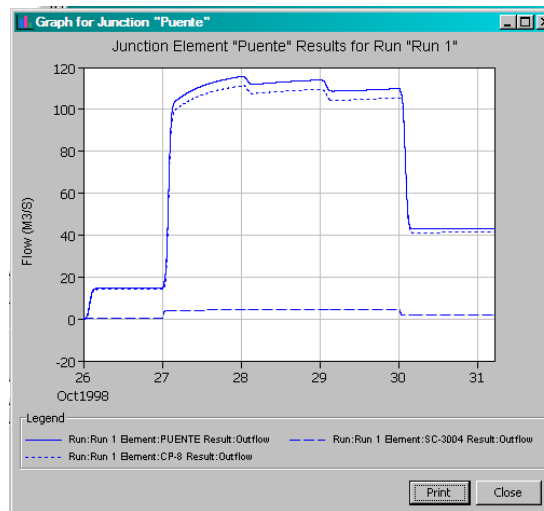


Figura 60. Hidrograma de Salida del Puente Carretera Norte.

Se observa que el tránsito tiene mayor incidencia en el hidrograma generado en el cauce principal de la sub-cuenca III, aún en un escenario supercrítico. El aporte de cada microcuenca es pequeño pero el caudal acumulado en el tránsito es muy grande. El número de curva de cada microcuenca puede afectar un poco en la generación de caudales pero no es determinante en este caso.

La sub-cuenca III tiene un área recolectora de un poco más de 120 km² y tiene grandes pendientes, por lo cual la respuesta de la subcuenca es casi inmediata y hay pocas pérdidas en el escurrimiento y casi nulas en la escorrentía. Por lo cual el coeficiente de escorrentía tiene poca variación en la subcuenca.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

El análisis hidrológico con HEC-HMS 3.2, permitió determinar que entre el hidrograma de tránsito y el hidrograma que generan las microcuencas, el tránsito tiene mayor incidencia y por ende, es en el cauce principal donde se deben aplicar medidas preventivas ante las inundaciones.

Como resultado del programa HEC-HMS 3.2 se obtuvo el caudal de escorrentía en el punto de cierre de la subcuenca III, con el cual realizamos un análisis hidráulico del puente con HEC-RAS 4.1.

Al simular el caudal generado por el Huracán Mitch se observó que el puente del cierre de la sub-cuenca III funciona como un vertedero y la altura por encima del puente llega casi a los dos metros.

Ambos programas nos permiten evaluar y obtener resultados muy cercanos a los valores reales, por lo cual consideramos que pueden ser usados como herramientas para el manejo integral de cuencas, obras de mitigación, estructuras hidráulicas de regulación de caudal, etc.

El aporte de cada microcuenca es pequeño pero el caudal acumulado en el tránsito es muy grande. El número de curva de cada microcuenca puede afectar un poco en la generación de caudales pero no es determinante en este caso.

La subcuenca tiene un área recolectora de un poco más de 120 km² y tiene grandes pendientes, por lo cual la respuesta de la subcuenca es casi inmediata y hay pocas pérdidas en el escurrimiento y casi nulas en la escorrentía. Por lo cual el coeficiente de escorrentía tiene poca variación en la subcuenca.

CAPITULO VI: RECOMENDACIÓN

Ya que el hidrograma de tránsito es predominante, se recomienda la construcción de obras hidráulicas, en este caso micropresas, a lo largo del cauce principal de la sub-cuenca III, como medida reguladora del caudal. También se recomienda darle el debido mantenimiento y limpieza para que sea funcional.

BIBLIOGRAFÍA

APARICIO MIJARES, Francisco Javier
Fundamentos de Hidrología de Superficie
Editorial LIMUSA
México, 1993

INTER-CONSULT, en asociación con NIVA, NORLAT, INDES, Nica Tierra S.A.,
Proconsult Ingenieros S.A.
Estudio Agroecológico y de Drenaje Pluvial de la Subcuenca III de la Cuenca Sur
del Lago de Managua, "Informe Hidrológico Base".
Julio 2002

INTER-CONSULT, Alcaldía de Managua, NICATIERRA S.A.
Estudio Agroecológico y Drenajes Pluviales de la Subcuenca III de la Cuenca Sur
del Lago de Managua.
2002

INTER-CONSULT, en asociación con NIVA, NORLAT, INDES, Nica Tierra S.A.,
Proconsult Ingenieros S.A.
Estudio Agroecológico y de Drenaje Pluvial de la Subcuenca III de la Cuenca Sur
del Lago de Managua, "Estudio de Agrohidrología".
Octubre 2002

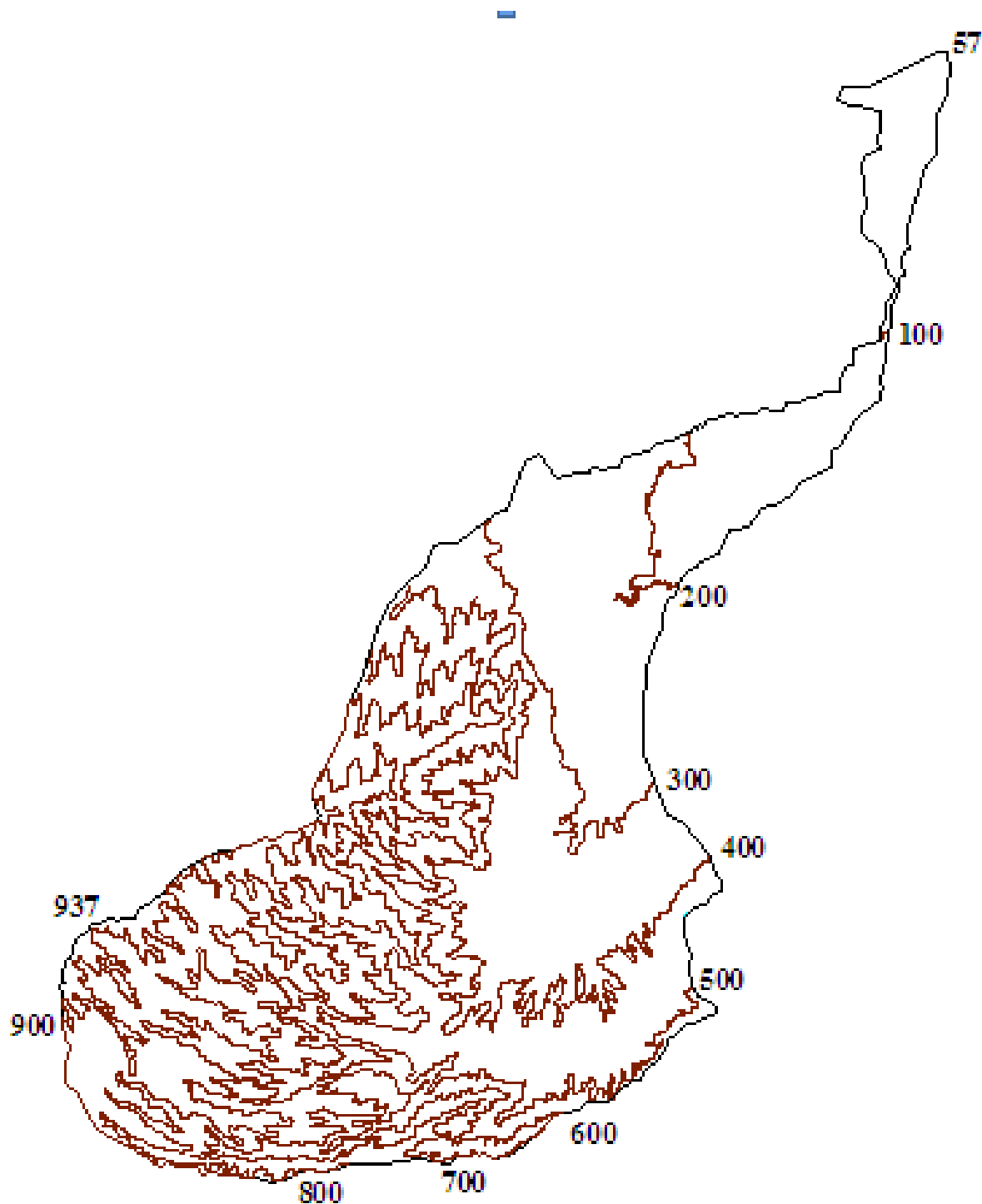
MONSALVE SAENZ, Germán
Hidrología en la Ingeniería
Editorial ALFA OMEGA, 2da-Ed.
México, 1999

VILLON BEJAR, Máximo
Hidrología
Editorial Tecnológica
Costa Rica, 2004

http://georiesgos-ca.ineter.gob.ni/productos/documentos/11_inundaciones.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Mapa Topográfico



*Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de
la Cuenca Sur de Managua*

Anexo 2. Resumen Meteorológico Diario

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES
DIRECCION GENERAL DE METEOROLOGIA
RESUMEN METEOROLOGICO DIARIO

Estación: - AEROPUERTO INTERNACIONAL MANAGUA / MANAGUA

Código: 69 027

Año: 1998

Parámetro: precipitación (mm)

Latitud: 12° 08'

36" N

Longitud: 86° 09' 49" W

Elevación: 56

msnm

Tipo: HMP

Día	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1	0	0	0	0	0	0	5.3	13	0.2	0	34.7	0	53.2
2	0	0	0	0	0	0.7	0.1	5.5	25.6	1.2	1.2	0	34.3
3	0	0	0	0	3.6	16	0	1.3	0	14.4	0.6	0	35.9
4	0	0	0	0	0	0	0	0	4.2	0	1.5	0	5.7
5	0	0	0	0	1.4	0	0	0	44	17.2	13	0	75.6
6	0	0	0	0	4.5	0	13	20.6	16.3	5.1	0	1.8	61.3
7	0	0	0	0	0	11.7	33	9.1	0	19.8	0	0	73.6
8	0	0	0	0	0	0	5.4	0	0	0	16.3	4	25.7
9	0	0	0	0	0	4.3	0	0	1	7.8	6.5	0	19.6
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.2	0.3	0	43.5
11	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0	0.7	2.4	2.1	0	5.6
12	0	0	0	0	0	0	5.4	0.4	0	2.1	1.6	0.2	9.7
13	0	0	0	0	0	0	14.6	1.5	9.3	13.6	0.1	0	39.1
14	0	0	0	0	0	0	4.8	0	45.5	35.5	0	0	85.8
15	0	0	0	0	0	0.6	3.5	0	5.7	59.2	0	0	69
16	0	0	0	0	0	9.6	5.2	3.1	0.5	26.4	0	0	44.8
17	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0.2	21.5	0	0	22.6
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.7	8.8	0	30.5
19	0	0	0	0	0	0	0.8	0	1.6	0	0	0	2.4
20	0	0	0	0	0	16	0	18.5	0	0	0.2	10.3	45
21	0	0	0	0	0	23.5	0	0.6	0.5	51.9	0.3	0.7	77.5
22	0	0	0	0	0	12.8	3.7	0	0	55.5	1.3	0	73.3
23	0	0	0	0	0	2.2	0	0.3	37.6	47.9	0	0	88
24	0	0	0	0	19	0.2	0	0	0.1	4.7	3.1	0	27.1
25	0	0	0	0	0.7	19.1	0	18.7	0.4	14.6	0	2.7	56.2
26	0	0	0	0	6.7	0	4.4	0	0	34.8	0	0	45.9
27	0	0	0	0	0	0.7	0	0.8	23.5	14.1	0	0	39.1
28	0	0	0	0	1.6	0.3	0	9.9	2.6	99.7	0	0	114.1
29	0	-	0	0	12.5	0	0	0.3	3	95.7	0	0	111.5

*Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de
la Cuenca Sur de Managua*

30	0	-	0	0	0.2	0	1.1	0.9	7.3	91	0	0	100.5
31	0	-	0	-	0.4	-	-	13.8	-	35.4	-	0	49.6
Suma	0	0	0	0	50.6	117.9	100.5	119.2	229.8	836.4	91.6	19.7	1565.7
Suma 1-10	0	0	0	0	9.5	32.7	56.8	49.5	91.3	108.7	74.1	5.8	428.4
Suma 11-20	0	0	0	0	0	26.4	34.5	24.4	63.5	182.4	12.8	10.5	354.5
Suma 21-31	0	0	0	0	41.1	58.8	9.2	45.3	75	545.3	4.7	3.4	782.8
Media	0	0	0	0	1.6	3.9	3.4	3.8	7.7	27	3.1	0.6	-
Máximo	0	0	0	0	19	23.5	33	20.6	45.5	99.7	34.7	10.3	-
Mínimo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Lluvia	0	0	0	0	8	12	13	15	15	26	12	5	106
Sin lluvia	31	28	31	30	23	18	17	16	15	5	18	26	258
Sin datos	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

Anexo 3. Sondeos Manuales

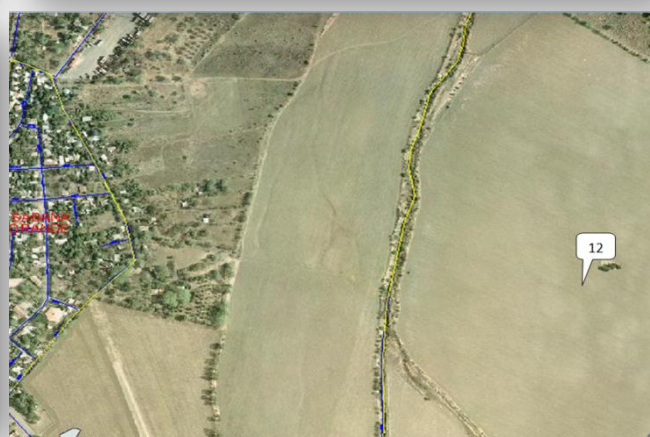
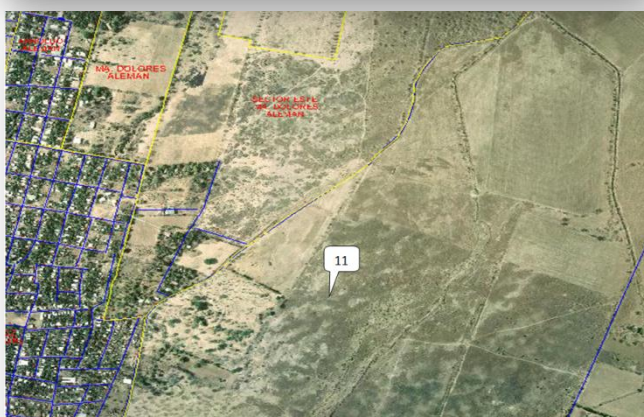
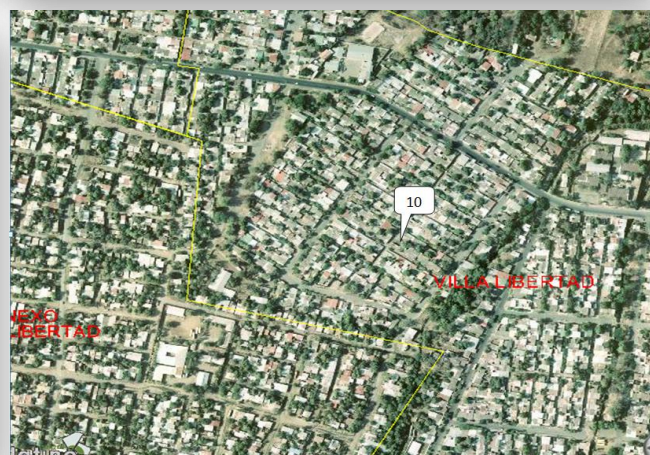
SONDEO	COORD. In Situ		TIPO DE SUELO	USO DE SUELO
	LONGITUD	LATITUD		
1	587589	1344348	FRANCO ARCILLOSO	Pasto mas maleza
2	590516	1344991	FRANCO ARCILLOSO	Pasto mas maleza
3	589720	1344048	FRANCO ARCILLOSO	Cultivos anuales
4	590600	1343452	FRANCO ARENOSO	Cultivos anuales
5	592521	1343946	FRANCO ARCILLOSO	Pasto
6	588509	1343521	FRANCO	Centro Poblado
7	588118	1341821	FRANCO	Maleza
8	589460	1340910	FRANCO	Cultivos anuales
9	592017	1341814	FRANCO	Pasto mas maleza
10	586463	1339512	FRANCO	Centro Poblado
11	590229	1339528	FRANCO	Maleza
12	591988	1340141	FRANCO	Cultivos anuales
13	592332	1339093	FRANCO	Cultivos anuales
14	591557	1338086	FRANCO ARENOSO	Cultivos anuales
15	592297	1337649	FRANCO	Cultivos anuales
16	589552	1337539	FRANCO ARCILLOSO	Cultivos anuales
17	588607	1336273	FRANCO	Cultivos anuales
18	585239	1336748	FRANCO ARCILLOSO	Cultivos anuales
19	586421	1334517	FRANCO ARCILLOSO	Centro Poblado
20	586977	1334448	FRANCO ARENOSO	Centro Poblado, cultivos anuales
21	589949	1335177	FRANCO ARENOSO	Cultivos anuales
22	590846	1334758	FRANCO ARENOSO	Cultivos anuales
23	585592	1332770	FRANCO ARCILLOSO	Áreas urbanizadas en zonas rurales
24	582823	1333112	FRANCO ARCILLOSO	Frutales
25	584995	1330076	FRANCO ARCILLOSO	Bosque bajo cerrado (maíz, plátano, etc.)
26	585453	1328939	FRANCO ARENOSO	Piña
27	581546	1329213	FRANCO ARCILLOSO	Bosque bajo cerrado
28	583597	1327251	FRANCO ARENOSO	Bosque bajo cerrado (maíz, plátano, etc.)
29	586652	1324959	FRANCO ARENOSO	Piña y maíz
30	583824	1324992	FRANCO ARENOSO	Piña, Frijol y tomate
31	582870	1324469	FRANCO ARCILLOSO	Piña, Aguacate
32	576597	1324006	FRANCO ARCILLOSO	Bosque alto abierto y café
33	575177	1323157	FRANCO ARENOSO	Pasto mas maleza
34	579278	1321156	FRANCO ARENOSO	Pasto mas vegetación arbustiva
35	582586	1321156	FRANCO ARENOSO	Vegetación arbustiva mas cultivos anuales (Pitahaya)

*Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de
la Cuenca Sur de Managua*

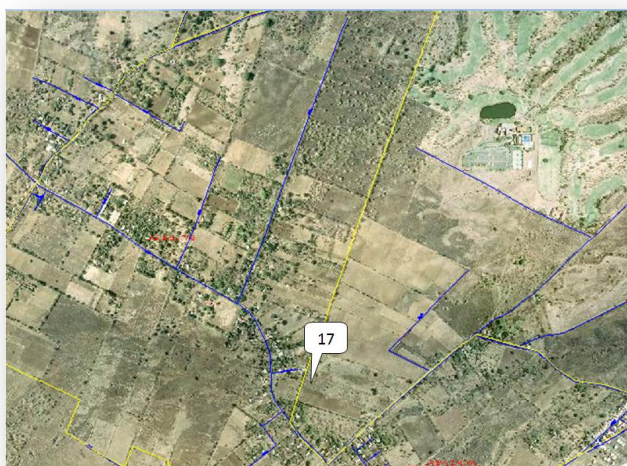
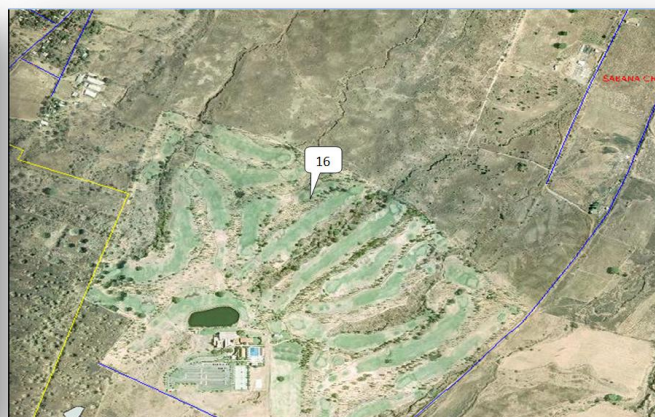
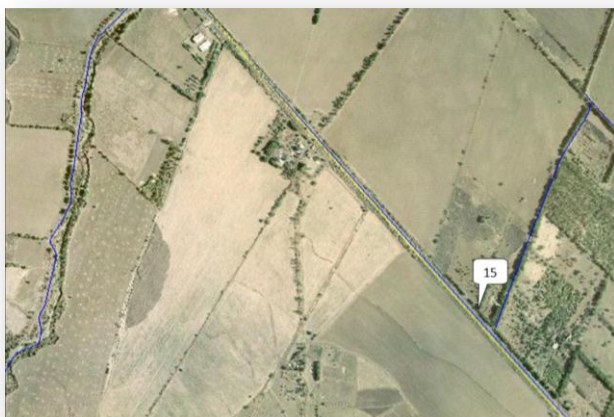
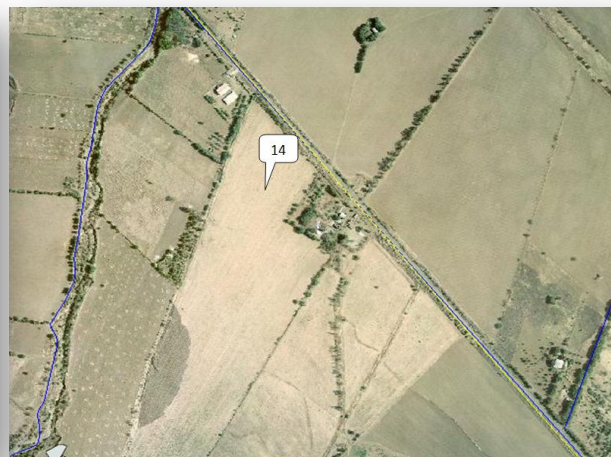
Galería de Fotos - Sondeos Manuales



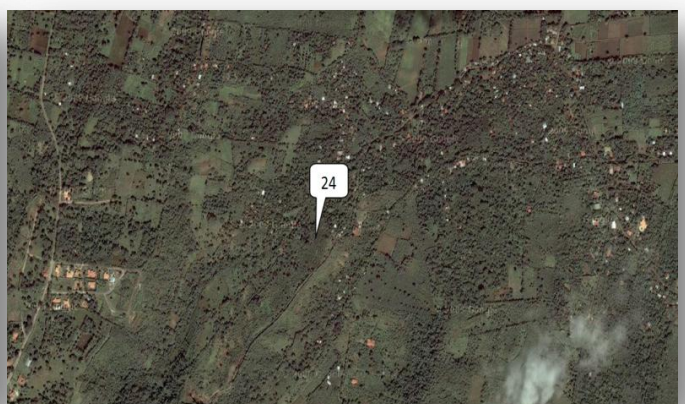
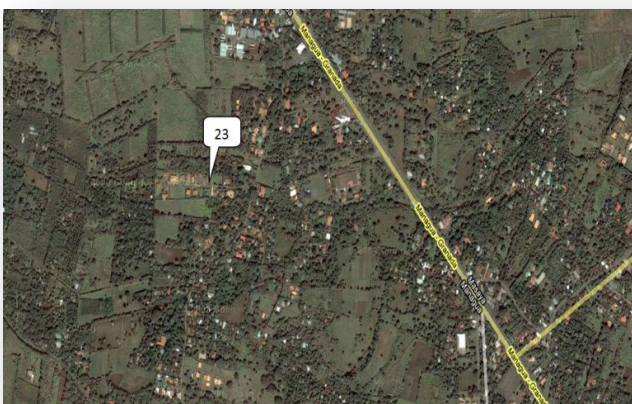
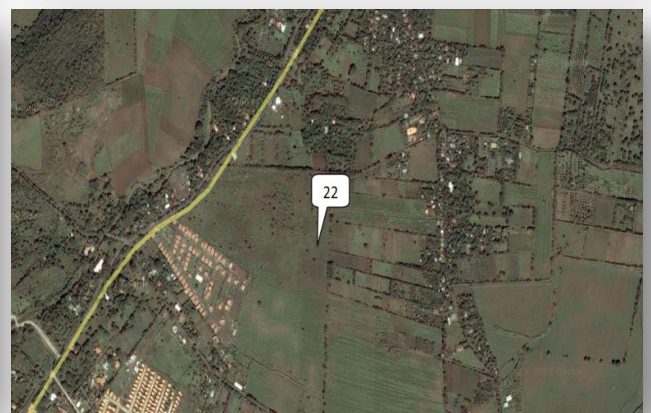
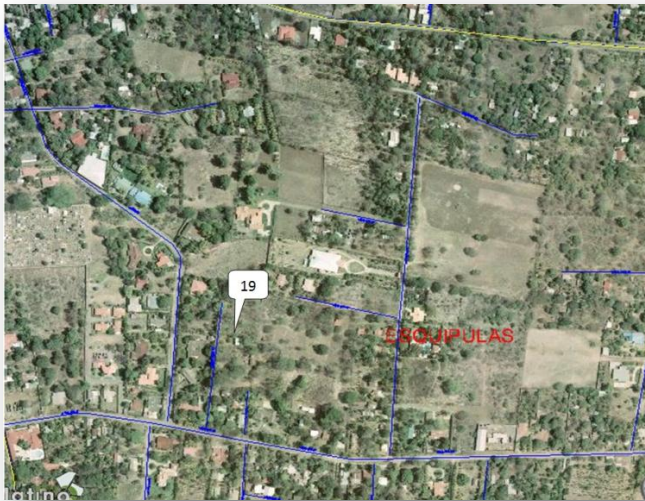
*Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de
la Cuenca Sur de Managua*



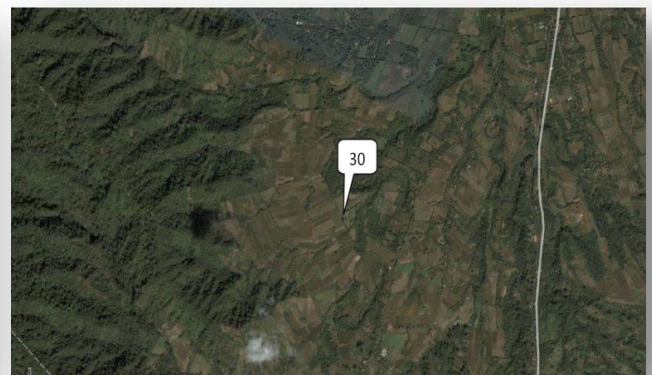
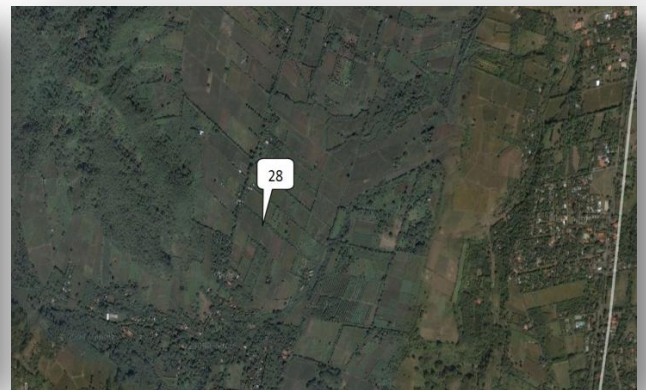
Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua



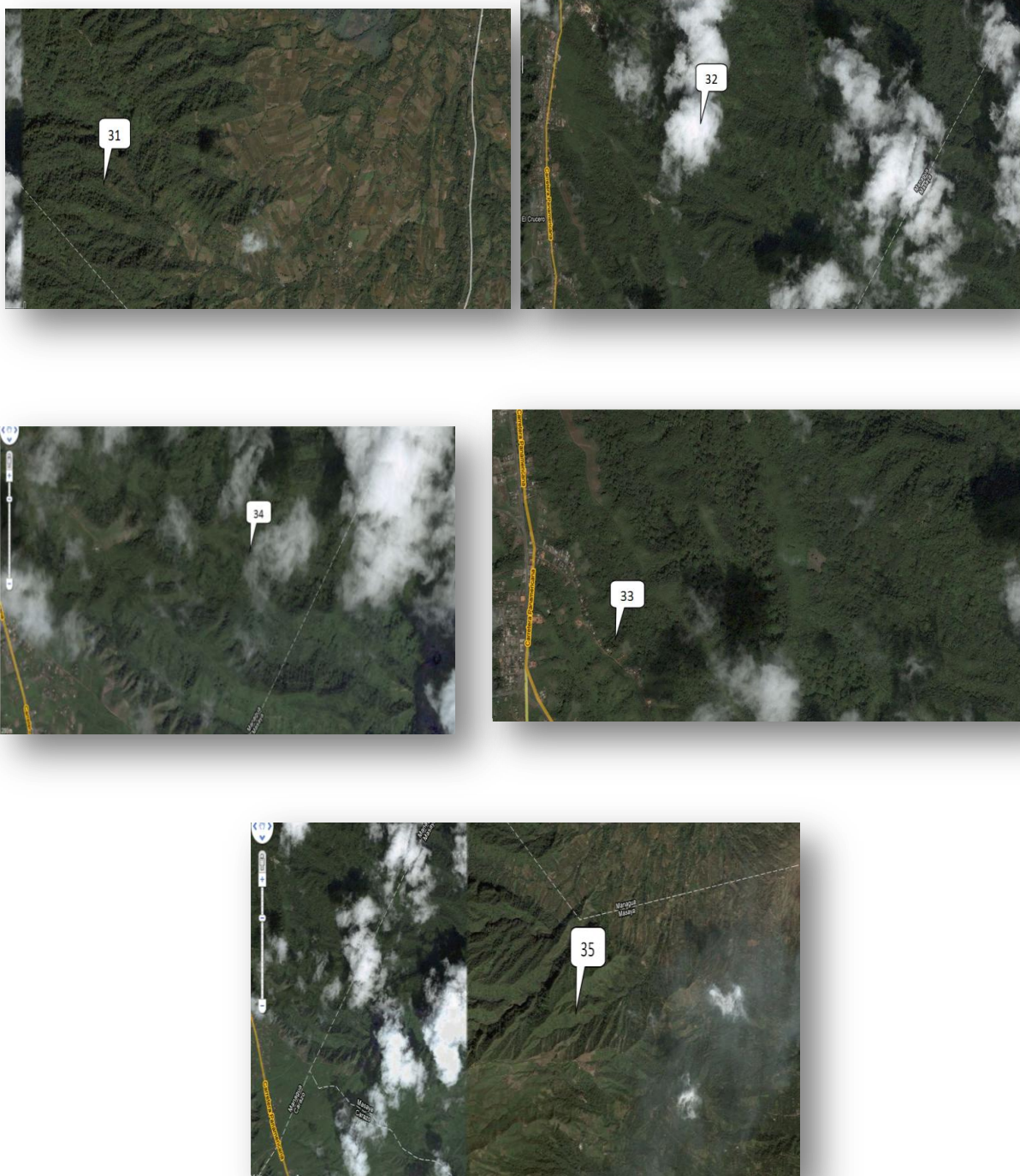
*Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de
la Cuenca Sur de Managua*



*Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de
la Cuenca Sur de Managua*



*Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de
la Cuenca Sur de Managua*



Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

Anexo 4. Tabla de resultado clasificación SUCS.

SONDEO	% GRAVA	% ARENA	% FINO	LL	IP	CLASIFICACION SUCS
1	0	68	32	NP	NP	SM
2	0	46	54	NP	NP	ML
	0	74	26	NP	NP	SM
3	0	7	93	78.9	24.7	MH
	0	66	34	NP	NP	SM
4	0	72	28	NP	NP	SM
	23	61	16	NP	NP	SM
5	0	64	36	NP	NP	SM
6	28	47	25	NP	NP	SM
7	24	34	42	NP	NP	SM
8	0	32	68	43.75	14.95	ML
9	0	46	54	NP	NP	ML
10	0	42	58	NP	NP	ML
11	0	44	56	42.6	7.2	ML
12	0	54	46	NP	NP	SM
13	0	60	40	NP	NP	SM
14	0	60	40	NP	NP	SM
15	0	57	43	NP	NP	SM
16	8	73	18	NP	NP	SM
17	0	35	65	NP	NP	ML
18	0	30	70	NP	NP	ML
	0	24	76	NP	NP	ML
19	0	57	43	NP	NP	SM
20	0	30	70	57.1	15.3	MH
21	0	48	52	NP	NP	ML
22	0	83	17	NP	NP	SM
23	0	63	37	NP	NP	SM
24	9	60	31	NP	NP	SM
	25	69	6	NP	NP	SWSM
25	0	64	36	NP	NP	SM
	0	81	19	NP	NP	SM
26	20	60	20	NP	NP	SM
	0	81	19	NP	NP	SM
27	12	78	10	NP	NP	SWSM

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

	26	69	5	NP	NP	SWSM
28	20	57	23	NP	NP	SM
29	0	70	30	NP	NP	SM
30	8	57	35	NP	NP	SM
31	0	60	40	NP	NP	SM
32	0	54	46	NP	NP	SM
33	0	17	83	NP	NP	ML
	0	9	91	NP	NP	ML
	0	84	16	NP	NP	SM
34	0	40	60	NP	NP	ML
	0	41	59	NP	NP	ML
35	0	63	37	NP	NP	SM
	0	64	36	NP	NP	SM

1ra Letra		2da Letra	
M	Limos y arcillas limosas	L	Limite liquido menor que 50
C	Arcilla	H	Limite liquido mayor que 50
O	Limo y arcilla orgánica		
S	La mitad o más de la mitad son más finos (Pasan la malla #4)	W	Buena Graduación (menos del 5% de finos)
		M	Si contiene limo o Limo y arena
G	Menos de la mitad son finos (No pasan la malla #4)	P	Pobre o mala graduación (mas del 12% de finos)
		C	Si contiene arcilla o arena y arcilla

SIMBOLOS

- G** Grava, inferior a 76 mm, superior a 6 mm.
- S** Arena, inferior a 6 mm pero lo bastante grande para poder verla.
- M** Limos, suelos de granulometría fina, partículas individualizadas.
- C** Arcillas, demasiado pequeñas para verla a simple vista

MODIFICADORES (ARENA Y GRAVA)

- W** Bien graduados, contienen partículas grandes, medianas y pequeñas.
- P** Mal graduados, contienen partículas de tamaños uniformes.
- C** Arcillosos.
- M** Limosos.

MODIFICADORES (LIMO Y ARCILLA)

- L** de plasticidad baja.
- H** de plasticidad alta.

*Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de
la Cuenca Sur de Managua*

Anexo 5. Porcentajes de usos de suelos

USO DE SUELO	AREA	% TOTAL
<i>Pasto</i>	2.223	1.85
<i>pasto mas maleza</i>	8.5318	7.09
<i>Pastos mas arboles</i>	0.3785	0.31
<i>Pasto mas Vegetación arbustiva</i>	3.1407	2.61
<i>Pasto mas cultivos</i>	0.29	0.24
<i>Vegetación arbustiva</i>	2.2949	1.91
<i>Maleza</i>	9.9459	8.27
<i>cultivos anuales</i>	5.4841	4.56
<i>Cultivos anuales más pitahaya</i>	0.0414	0.03
<i>cultivos anuales más piña</i>	0.1438	0.12
<i>cultivos anuales bajo riego</i>	0.032	0.03
<i>Cultivos mas arboles</i>	0.4231	0.35
<i>tierras con usos específicos</i>	0.019	0.02
<i>Frutales</i>	0.0549	0.05
<i>Bosque bajo cerrado</i>	9.9702	8.29
<i>Bosque bajo abierto</i>	4.0938	3.40
<i>Bosque Alto Abierto</i>	1.9368	1.61
<i>Bosque alto cerrado</i>	6.701	5.57
<i>Bosque de Galería</i>	0.243	0.20
<i>Piña</i>	16.1728	13.44
<i>Piña mas musácea</i>	0.9112	0.76
<i>Piña mas Frutales</i>	0.4316	0.36
<i>Pitahaya</i>	0.1239	0.10
<i>Pitahaya mas cultivos</i>	0.052	0.04
<i>Pitahaya mas Piña</i>	0.4553	0.38
<i>Frutales mas musáceas</i>	1.9914	1.65
<i>Musáceas</i>	2.8626	2.38
<i>Bosque alto abierto + café con sombra</i>	4.1346	3.44
<i>Bosque bajo cerrado + café con sombra</i>	9.0579	7.53
<i>bosque alto cerrado mas café con sombra</i>	11.2706	9.37
<i>Bosque bajo abierto mas café con sombra</i>	3.7357	3.10
<i>Vegeta arbustiva Con cultivos anuales</i>	4.5231	3.76
<i>Plantaciones Forestales</i>	0.0432	0.04
<i>Área Urbanizadas</i>	7.1401	5.93
<i>Centros Poblados</i>	1.4751	1.23
Área	120.329	100%

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

Anexo 6. Tablas de cálculo del número de curva para cada microcuenca.

3002	AREA TOTAL	% AREA	GRUPO B			GRUPO C		
Uso			%	CN	PRODUCTO	%	CN	PRODUCTO
Maleza	0.375	33.01	30.37	79	2399.21	2.64	86	227.11
Bosque bajo abierto	0.02	1.76	1.62	66	106.90	0.14	77	10.85
cultivos anuales	0.707	62.24	57.26	81	4637.82	4.98	88	438.14
TOTAL		97.01	89.25	226.00	7143.93	7.76	251.00	676.10

3003	AREA	%	GRUPO B			GRUPO C		
Uso de Suelo	TOTAL	AREA	% TIPO	CN	PRODUCT	% TIPO	CN	PRODUCT
			B		O	C		O
cultivos anuales	3.5102	33.69	13.81	81	1118.92	19.88	88	1749.30
Maleza	1.2942	12.42	5.09	79	402.36	7.33	86	630.31
piña	0.2056	1.97	0.81	81	65.54	1.16	88	102.46
bosque bajo cerrado	0.072	0.69	0.28	55	15.58	0.41	70	28.54
vegetación arbustiva	0.3931	3.77	1.55	66	102.10	2.23	77	171.41
pasto	1.0017	9.61	3.94	79	311.42	5.67	86	487.85
pasto mas maleza	0.7036	6.75	2.77	61	168.90	3.98	74	294.86
TOTAL		68.92	28.26	502.0	2184.83	40.66	569.0	3464.73
				0			0	

Microcuenca 3004	AREA TOTAL	% AREA	GRUPO B		
Uso de Suelo			% TIPO B	CN	PRODUCTO
pasto	0.113	2.55	0.84	79	65.98
pasto mas maleza	0.354	7.98	7.98	61	486.79
vegetación arbustiva	1.364	30.75	30.75	66	2029.40
Maleza	1.236	27.86	27.86	79	2201.17
cultivos anuales	1.093	24.64	24.64	80	1971.15
terrenos con usos específicos	0.019	0.43	0.43	69	29.55

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

frutales	0.02	0.45	0.45	81	36.52
Bosque bajo cerrado	0.013	0.29	0.29	55	16.12
bosque alto cerrado	0.03	0.68	0.68	55	37.20
TOTAL		95.63	93.91	625	6873.87

3011	AREA	%	GRUPO B			GRUPO C		
Uso	TOTAL	AREA	%	CN	PRODUC	% TIPO	CN	PRODUC
			TIPO B		TO	C		TO
Maleza	4.292	19.02	0.19	79	15.02	18.83	86	1619.13
Musáceas	1.88	8.33	0.08	81	6.75	8.25	88	725.71
Bosque alto cerrado	0.94	4.17	0.04	55	2.29	4.12	70	288.63
Frutales mas musáceas	1.832	8.12	0.08	71	5.76	8.04	78	626.82
Vegetación arbustiva	0.131	0.58	0.01	66	0.38	0.57	77	44.25
Pasto mas cultivos	0.29	1.28	0.01	71	0.91	1.27	78	99.22
Piña	0.32	1.42	0.01	81	1.15	1.40	88	123.53
Bosque alto abierto + café con sombra	0.171	0.76	0.01	55	0.42	0.75	70	52.51
Bosque bajo cerrado + café con sombra	4.65	20.60	0.21	55	11.33	20.40	70	1427.82
Bosque bajo cerrado	2.43	10.77	0.11	55	5.92	10.66	70	746.15
Bosque bajo abierto	1.033	4.58	0.05	66	3.02	4.53	77	348.91
Bosque alto abierto	0.344	1.52	0.02	66	1.01	1.51	77	116.19
Pitahaya mas cultivos	0.052	0.23	0.00	71	0.16	0.23	78	17.79
Pasto mas maleza	0.118	0.52	0.01	61	0.32	0.52	74	38.30
Pastos mas arboles	0.314	1.39	0.01	61	0.85	1.38	74	101.93
Piña mas musácea	0.163	0.72	0.01	71	0.51	0.72	78	55.77
Piña mas Frutales	0.42	1.86	0.02	71	1.32	1.84	78	143.70
Pasto	0.132	0.58	0.01	79	0.46	0.58	86	49.80
TOTAL		86.45	0.86	1215.	57.59	85.59	1397.	6626.16
				00			00	

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

3012	AREA TOTAL	% AREA	GRUPO B		
Uso			% TIPO B	CN	PRODUCTO
Bosque de Galería	0.215	4.808	4.808	55.000	264.463
Maleza	0.277	6.181	6.181	79.000	488.297
Bosque Bajo Cerrado	0.290	6.478	6.478	55.000	356.306
Vegetación Arbustiva	0.017	0.369	0.369	66.000	24.344
Pasto mas maleza	0.332	7.428	7.428	61.000	453.130
Pasto mas arboles	0.051	1.145	1.145	55.000	62.950
Bosque bajo abierto	0.150	3.353	3.353	66.000	221.308
Piña	2.441	54.571	54.571	81.000	4420.289
Plantaciones Forestales	0.014	0.304	0.304	66.000	20.065
Piña mas musáceas	0.315	7.030	7.030	81.000	569.466
Bosque Alto Abierto	0.029	0.651	0.651	66.000	42.934
TOTAL		92.32	92.32	731.00	6923.55

3013	AREA TOTAL	% AREA	GRUPO B		
Uso			% TIPO B	CN	PRODUCTO
Bosque Bajo Cerrado	1.4172	10.353	10.35291367	55	569.41
Maleza	1.046	7.641	7.641227564	79	603.66
Vegeta arb. Con cultivos a	2.5911	18.928	18.9284749	81	1533.21
Bosque Bajo Abierto	0.9331	6.816	6.81647174	66	449.89
Piña	4.1423	30.260	30.26028388	81	2451.08
Pitahaya	0.0529	0.386	0.386444492	81	31.30
Bosque de Galería	0.0279	0.204	0.20381477	55	11.21
Pasto mas vegetación arbustiva	0.1849	1.351	1.350729423	61	82.39
Bosque alto abierto	0.1183	0.864	0.864203844	66	57.04
Cultivos anuales más pitahaya	0.0414	0.302	0.302434819	71	21.47
Pitahaya mas Piña	0.4039	2.951	2.950565787	81	239.00
Piña mas Musáceas	0.1383	1.010	1.010307622	81	81.83
Frutales mas Musáceas	0.0089	0.065	0.065016181	81	5.27
Cultivos anuales	0.0479	0.350	0.349918547	81	28.34
Bosque alto cerrado	0.0528	0.386	0.385713973	55	21.21
Plantaciones forestales	0.0296	0.216	0.216233591	55	11.89

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

Musáceas	0.018	0.131	0.1314934	81	10.65
Pasto mas maleza	2.4033	17.557	17.55656042	61	1070.95
TOTAL		99.77	99.77	1272.00	7279.81

3014	AREA	%	GRUPO B			GRUPO C		
Uso	TOTAL	AREA	%	CN	PRODUC	%	CN	PRODUC
			TIPO B		TO	TIPO C		TO
Bosque Bajo Cerrado	1.1747	16.39	10.65	55	585.88	5.74	70	401.51
Vegetación arbustiva	0.042	0.59	0.38	66	25.14	0.21	77	15.79
Cultivos anuales	0.0368	0.51	0.33	81	27.03	0.18	88	15.81
cultivos anuales bajo riesgo	0.032	0.45	0.29	71	20.60	0.16	78	12.19
Maleza	1.416	19.75	12.84	79	1014.41	6.91	86	594.62
pasto mas arboles	0.0133	0.19	0.12	61	7.36	0.06	74	4.81
piña mas frutales	0.0116	0.16	0.11	71	7.47	0.06	78	4.42
pasto	0.1395	1.95	1.27	79	99.94	0.68	86	58.58
Piña	2.2261	31.06	20.19	81	1635.13	10.87	88	956.54
Pitahaya	0.0261	0.36	0.24	81	19.17	0.13	88	11.22
bosque bajo cerrado mas café	0.3446	4.81	3.12	55	171.87	1.68	70	117.78
con sombra								
Frutales mas Musáceas	0.1505	2.10	1.36	71	96.90	0.73	78	57.32
Musáceas	0.6471	9.03	5.87	81	475.31	3.16	88	278.05
Bosque alto abierto	0.0053	0.07	0.05	55	2.64	0.03	70	1.81
TOTAL		87.41	56.82	987.	4188.84	30.59	1119.	2530.45
				00			00	

3015	AREA TOTAL	% AREA	GRUPO B		
Uso			% TIPO B	CN	PRODUCTO
Pitahaya	0.034	0.282	0.282	81.000	22.824
Bosque Bajo Abierto	0.264	2.217	2.217	66.000	146.344
Bosque bajo abierto mas café con sombra	0.140	1.173	1.173	55.000	64.528
bosque alto cerrado	1.549	12.990	12.990	55.000	714.471
bosque bajo cerrado	0.472	3.956	3.956	55.000	217.570
cultivos anuales	0.021	0.172	0.172	81.000	13.925

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

vegetación arbustiva mas cult anuales	1.601	13.422	13.422	66.000	885.871
pasto	0.060	0.506	0.506	79.000	39.950
piña	0.387	3.248	3.248	81.000	263.089
pasto mas vegetación arbustiva	2.920	24.486	24.486	61.000	1493.616
Pasto mas maleza	4.354	36.516	36.516	61.000	2227.506
TOTAL		98.97	98.97	741	6089.70

3016	AREA	%	GRUPO B			GRUPO C		
Uso	TOTAL	AREA	%	CN	PRODUC	% TIPO	CN	PRODUC
			TIPO B		TO	C		TO
pasto	0.2505	2.83	1.36	79	107.49	1.47	86	126.76
Bosque Bajo Abierto	1.3643	15.44	7.41	66	489.08	8.03	77	618.14
Bosque bajo abierto mas café con sombra	1.4385	16.28	7.81	55	429.73	8.46	70	592.51
bosque alto cerrado	1.5578	17.63	8.46	55	465.37	9.17	70	641.65
bosque alto cerrado mas café con sombra	0.0376	0.43	0.20	55	11.23	0.22	70	15.49
bosque bajo cerrado	0.1769	2.00	0.96	55	52.85	1.04	70	72.86
bosque bajo cerrado mas café con sombra	1.1995	13.57	6.52	55	358.34	7.06	70	494.07
bosque alto abierto mas café con sombra	1.9913	22.53	10.82	55	594.88	11.72	70	820.21
pasto mas maleza	0.2663	3.01	1.45	61	88.23	1.57	74	115.96
pasto mas vegetación arbustiva	0.0361	0.41	0.20	61	11.96	0.21	74	15.72
vegetación arbustiva mas cultivos anuales	0.0559	0.63	0.30	66	20.04	0.33	77	25.33
vegetación arbustiva	0.3483	3.94	1.89	81	153.24	2.05	88	180.35
TOTAL		98.71	47.38	744.00	2782.43	51.33	896.00	3719.05

*Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de
la Cuenca Sur de Managua*

3017	AREA	%	GRUPO B			GRUPO C		
Uso	TOTAL	AREA	%	CN	PRODUC	%	CN	PRODUC
			TIPO B		TO	TIPO C		TO
vegetación arbustiva mas cultivos anuales	0.2756	2.51	0.50	81	40.64	2.01	88	176.62
Bosque Bajo Cerrado mas café	1.2576	11.45	2.29	55	125.93	9.16	70	641.10
Bosque Bajo Cerrado	0.2482	2.26	0.45	66	29.82	1.81	77	139.18
Cultivos Anuales	0.0687	0.63	0.13	81	10.13	0.50	88	44.03
Musáceas	0.1973	1.80	0.36	81	29.10	1.44	88	126.44
piña	0.8903	8.10	1.62	81	131.29	6.48	88	570.56
pasto	0.1899	1.73	0.35	79	27.31	1.38	86	118.93
bosque bajo abierto	0.2615	2.38	0.48	66	31.42	1.90	77	146.64
Pitahaya	0.0113	0.10	0.02	81	1.67	0.08	88	7.24
bosque bajo abierto mas café con sombra	1.4711	13.39	2.68	55	147.31	10.71	70	749.94
Bosque alto abierto	0.2717	2.47	0.49	66	32.65	1.98	77	152.36
Pitahaya mas Piña	0.0514	0.47	0.09	81	7.58	0.37	88	32.94
Bosque alto cerrado mas café	3.2092	29.21	5.84	55	321.36	23.37	70	1635.99
Bosque alto abierto mas café	1.6941	15.42	3.08	55	169.64	12.34	70	863.62
Bosque alto cerrado	0.8744	7.96	1.59	55	87.56	6.37	70	445.75
TOTAL		99.88	19.98	1038.	1193.41	79.91	1195.	5851.36
				00			00	

3018	AREA	%	GRUPO B			GRUPO C		
Uso	TOTAL	AREA	%	CN	PRODUC	% TIPO	CN	PRODUC
			TIPO B		TO	C		TO
pasto	0.0973	1.08	0.03	79	2.56	1.05	86	89.97
Piña	0.369	4.09	0.12	69	8.47	3.97	79	313.43
bosque bajo cerrado mas café	0.0337	0.37	0.01	55	0.62	0.36	70	25.36
bosque bajo cerrado	0.836	9.27	0.28	5	15.29	8.99	70	629.20
bosque bajo abierto	0.4433	4.91	0.15	66	9.73	4.77	77	367.00
bosque alto cerrado	0.012	0.13	0.00	55	0.22	0.13	70	9.03
bosque alto abierto	0.1819	2.02	0.06	66	3.99	1.96	77	150.59

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

bosque alto abierto mas café	0.2782	3.08	0.09	55	5.09	2.99	70	209.38
bosque alto cerrado mas café	6.7703	75.04	2.25	55	123.82	72.79	70	5095.53
con sombra								
TOTAL		100.00	3.00	555.	169.78	97.00	669.	6889.50
				00			00	

3019	AREA	%	GRUPO B			GRUPO C		
Uso	TOTAL	AREA	% TIPO	CN	PRODUCT	% TIPO	CN	PRODUCT
			B		O	C		O
frutales	0.0349	0.52	0.21	81	16.80	0.31	88	27.38
cultivos anuales más	0.1438	2.14	0.85	71	60.69	1.28	78	100.01
piña								
piña	2.1728	32.29	12.92	81	1046.18	19.37	88	1704.89
pasto	0.1605	2.39	0.95	79	75.37	1.43	86	123.07
bosque bajo	1.2385	18.41	7.36	55	404.91	11.04	70	773.02
cerrado+café								
bosque bajo	0.0502	0.75	0.30	55	16.41	0.45	70	31.33
abierto+café								
bosque alto	1.1195	16.64	6.65	55	366.01	9.98	70	698.74
cerrado+café								
bosque bajo abierto	0.1743	2.59	1.04	66	68.38	1.55	77	119.67
bosque bajo cerrado	1.5786	23.46	9.38	55	516.10	14.08	70	985.29
TOTAL		99.17	39.67	598.0	2570.87	59.50	697.0	4563.41
				0			0	

3020	AREA	%	GRUPO B			GRUPO C		
Uso	TOTAL	AREA	% TIPO	CN	PRODUCT	% TIPO	CN	PRODUCT
			B		O	C		O
Bosque bajo cerrado +	0.3340	3.768	1.47	55	80.83	2.30	70	160.90
café								
Cultivos mas arboles	0.4231	4.773	1.86	71	132.17	2.91	78	227.12
bosque bajo abierto +	0.6360	7.175	2.80	55	153.91	4.38	70	306.38
café								

*Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de
la Cuenca Sur de Managua*

bosque bajo abierto	0.3830	4.321	1.69	66	111.22	2.64	77	202.95
bosque alto cerrado	1.6850	19.010	7.41	55	407.76	11.60	70	811.72
Musáceas	0.1202	1.356	0.53	81	42.84	0.83	88	72.79
Piña + Musáceas	0.2954	3.333	1.30	71	92.28	2.03	78	158.57
Piña	3.0182	34.051	13.28	81	1075.67	20.77	88	1827.85
bosque alto cerrado + café	0.1340	1.512	0.59	55	32.43	0.92	70	64.55
Bosque bajo cerrado	1.2621	14.239	5.55	55	305.42	8.69	70	608.00
Bosque Alto Abierto	0.0534	0.602	0.23	66	15.51	0.37	77	28.30
Maleza	0.0102	0.115	0.04	79	3.55	0.07	86	6.04
TOTAL		94.26	36.76	790.0	2453.58	57.50	922.0	4475.17
				0			0	

Comportamiento del Coeficiente de Escorrentía en la Sub-cuenca III de la Cuenca Sur de Managua

Anexo 7. Resumen Global de la Simulación

Global Summary Results for Run "Run 1"

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
CP-1	8.84	8.28	30oct1998, 00:04	221.21
CP-2	40.83	38.65	30oct1998, 00:08	227.20
CP-3	61.26	58.72	30oct1998, 00:04	234.26
CP-4	74.60	71.77	30oct1998, 00:04	236.84
CP-5	81.77	78.65	30oct1998, 00:08	237.00
CP-6	104.34	100.35	30oct1998, 00:14	237.80
CP-7	114.76	109.82	30oct1998, 00:12	236.85
CP-8	115.90	110.91	30oct1998, 00:20	236.64
LAGO	120.33	115.13	30oct1998, 00:02	236.78
Puente	120.33	115.13	30oct1998, 00:02	236.78
SC-3002	1.14	1.17	29oct1998, 00:00	271.67
SC-3003	10.42	9.54	30oct1998, 00:00	232.12
SC-3004	4.43	4.28	30oct1998, 00:00	240.31
SC-3011	22.57	21.74	30oct1998, 00:00	243.17
SC-3012	4.47	4.52	29oct1998, 00:00	265.11
SC-3013	13.70	13.52	30oct1998, 00:00	251.19
SC-3014	7.17	6.91	30oct1998, 00:00	242.59
SC-3015	11.93	10.88	30oct1998, 00:00	208.86
SC-3016	8.84	8.28	30oct1998, 00:00	221.44
SC-3017	11.03	10.69	30oct1998, 00:00	239.71
SC-3018	9.03	8.81	30oct1998, 00:00	243.58
SC-3019	6.73	6.57	30oct1998, 00:00	244.43
SC-3020	8.87	8.59	30oct1998, 00:00	242.02
U-1	40.83	38.66	30oct1998, 00:00	227.55
U-2	61.26	58.73	30oct1998, 00:00	234.46
U-3	74.60	71.78	30oct1998, 00:00	237.03
U-4	81.77	78.67	30oct1998, 00:00	237.35
U-5	104.34	100.38	30oct1998, 00:00	238.34
U-6	114.76	109.84	30oct1998, 00:00	237.29
U-7	115.90	110.94	30oct1998, 00:04	237.19